



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



**ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA**

Curso Académico:

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Índice General

Resumen.....	4
Abstract	4
Resúm	5
MEMORIA	6
1. OBJETO DEL TRABAJO.....	8
2. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA: ANTECEDENTES, MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	8
3. NORMATIVA.	9
4. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y RANGO DE SOLUCIONES DEL TRABAJO.....	9
4.1. Requisitos de Trabajo.....	9
4.2. Envolvente Térmica Actual y Opciones de Mejora.....	12
4.3. Renovaciones de Aire.	14
4.4. Humedad.	14
4.5. Sistema Fotovoltaico	15
5. METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y LOS BALANCES DE ENERGÍA. 19	
6. COSTE E IMPACTOS DEL PROYECTO. ESTUDIO ECONÓMICO Y PRESUPUESTO.	21
6.1. Coste de Cada Combinación.....	21
6.2. Coste del Sistema Fotovoltaico.	22
6.3. Ahorro en Cada Solución.	23
7. CONCLUSIÓN	24
8. BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXOS	25
ANEXO 1: DIMENSIONES.	26
ANEXO 2: DATOS METEREOLÓGICOS DE MONFORTE DEL CID.	27
ANEXO 3: BALANCES DE ENERGÍA.....	51
1. VIGA CANALÓN.....	51
2. VERANO.....	51
3. INVIERNO.....	54
ANEXO 4: ENERGÍA.....	57
1. DEMANDA ENERGÉTICA.	57
2. SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	58

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

2.1. Distancia Entre Filas De Paneles Fotovoltaicos.....	58
ANEXO 5: DETALLE VIGA CANALÓN.....	58
ANEXO 6: DETALLE PANEL SANDWICH.....	59
PLANOS.....	60
Plano I.1: Planta general de la nave.....	61
Plano I.2: Alzado nave.....	62
Plano I.3: Planta de la nave. Maquinaria.....	63
Plano I.4: Sección Nave.....	64
Plano I.5: Planta de la nave. Incendios.....	65
Plano 1: Planta fotovoltaica alzado.....	66
Plano 2: Placas solares planta.....	67
Plano 3: Extractores vistos en planta.....	68
Plano 4: Detalle ventanas y altura de los extractores.....	69
PRESUPUESTO	70

Índice Figuras

Figura 1: Nave industrial.....	8
Figura 2: Gráfica de relación entre azimuth y altura solar Fuente: Universidad de Oregon: Polar coordinate sunt path chart.....	15
Figura 3: Figura para cálculo de la distancia entre paneles	16

Índice Tablas

Tabla 1: Consumo energético de la planta de hormigón.....	9
Tabla 2: Consumo energético de la maquinaria de producción.	10
Tabla 3: Consumo energético del puente grúa de 10T.....	10
Tabla 4: Consumo energético del puente grúa de 6.3T+6.3T.....	10

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Tabla 5:	Consumo energético del puente grúa 8T+8T.....	10
Tabla 6:	Consumo energético de otros elementos de la nave.....	11
Tabla 7:	Consumo medio de las máquinas.....	12
Tabla 8:	Distancia entre filas si fueran puestas en vertical.....	17
Tabla 9:	Distancia entre filas si fueran puestas en horizontal.	17
Tabla 10:	Balance de energía de la segunda combinación en verano	21
Tabla 11:	Coste de la primera combinación.....	21
Tabla 12:	Coste de la segunda combinación.....	22
Tabla 13:	Coste de la tercera combinación.....	22
Tabla 14:	Coste del sistema fotovoltaico.	22
Tabla 15:	Dimensión del cerramiento con orientación norte.....	26
Tabla 16:	Dimensión del cerramiento con orientación sur.....	26
Tabla 17:	Dimensión del cerramiento con orientación oeste.....	26
Tabla 18:	Dimensión del cerramiento con orientación este.....	26
Tabla 19:	Transmitancia térmica de la viga canalón	51
Tabla 20:	Balance de energía de la solución inicial en verano.....	52
Tabla 21:	Balance de energía de la segunda combinación en verano.	52
Tabla 22:	Balance de energía de la tercera combinación en verano.	53
Tabla 23:	Balance de energía de la solución inicial en invierno.....	54
Tabla 24:	Balance de energía de la segunda combinación en invierno.	55
Tabla 25:	Balance de energía de la tercera combinación en invierno.	56
Tabla 26:	Demanda energética media.	57
Tabla 27:	Distancia entre filas si fueran puestas en vertical.....	58
Tabla 28:	Distancia entre filas si fueran puestas en horizontal.	58
Tabla 29:	Presupuesto.....	70

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Resumen

El siguiente trabajo de final de grado consiste en la mejora energética de una nave industrial, con la finalidad de conseguir una mayor calificación energética, mejores condiciones en cuanto a la temperatura en el lugar de trabajo y ahorrar en la factura de la luz. La nave industrial se sitúa en Aspe (Alicante).

Antes de comenzar el trabajo se presenta la nave industrial, su localización geográfica y sus condiciones climatológicas. Más tarde se hablará de la normativa con la que se va a trabajar. Después de esto se va a analizar la demanda energética de la nave, así como se va a comprobar la calificación energética actual y se van a plantear mejoras en la envolvente térmica para mejorar la calificación energética. Finalmente se ha estudiado la implantación de una planta de placas solares fotovoltaicas como medida de ahorro y de mejora de la calificación energética.

Palabras clave: eficiencia energética, calificación energética, CE3x, planta solar fotovoltaica

Abstract

The following end-of-degree project consists on the energetic improvement of an industrial plant, with the aim of achieving a higher energy rating and better conditions on the temperature in the work place, as well as saving on the energy bill. The industrial plant is located in Aspe (Alicante).

Before starting the project, the industrial plant is presented, together with its geographical location and its climatic conditions. Later on, the regulations used will be discussed. The energetic demands of the building will be then analysed, as well as the current energy rating, in order to present improvements in the thermal envelope of the building, to improve this energy rating. Finally, it has been studied the implementation of solar photovoltaic panels, as a cost-saving and energy rating improving measure.

Keywords: energy efficiency, energy rating, CE3x, solar photovoltaic panels

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Resúm

El següent treball de fi de grau consisteix en la millora energètica d'una nau industrial, amb la finalitat d'aconseguir una major qualificació energètica, millors condicions en quant a temperatura en el lloc de treball, i estalviar en la factura de la llum. La nau industrial està situada a Aspe (Alacant).

Abans de començar el treball, es presenta la nau industrial, la seua localització geogràfica i les seues condicions climatològiques. Més tard, es parlarà de la normativa amb la qual es treballarà. Després s'analitzarà la demanda energètica de la nau, i es comprovarà la qualificació energètica actual; a més, es proposaran millores en l'envolvent tèrmica per tal de millorar la qualificació energètica. Finalment, s'ha estudiat la implantació d'una planta de plaques solars fotovoltaïques com a mesura d'estalvi i de millora de la qualificació energètica.

Paraules clau: eficiència energètica, qualificació energètica, CE3x, planta solar fotovoltaica

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

MEMORIA

Índice de la memoria

MEMORIA.....	6
1. OBJETO DEL TRABAJO.....	8
2. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA: ANTECEDENTES, MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	8
3. NORMATIVA.....	9
4. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y RANGO DE SOLUCIONES DEL TRABAJO.....	9
4.1. Requisitos de Trabajo.....	9
4.1.1. Climatización.....	9
4.1.2. Consumo energético.....	9
4.2. Envolvente Térmica Actual y Opciones de Mejora.....	12
4.2.1. Cubierta.....	12
4.2.2. Cerramientos.....	13
4.2.3. Huecos.....	13
4.2.4. Puentes térmicos.....	13
4.2.5. Combinaciones.....	13
4.3. Renovaciones de Aire.....	14
4.4. Humedad.....	14
4.5. Sistema Fotovoltaico.....	15
5. METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y LOS BALANCES DE ENERGÍA. 19	
6. COSTE E IMPACTOS DEL PROYECTO. ESTUDIO ECONÓMICO Y PRESUPUESTO.....	21
6.1. Coste de Cada Combinación.....	21
6.2. Coste del Sistema Fotovoltaico.....	22
6.3. Ahorro en Cada Solución.....	23
7. CONCLUSIÓN.....	24
8. BIBLIOGRAFÍA.....	24

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Índice tablas memoria

Tabla 1:	Consumo energético de la planta de hormigón.....	9
Tabla 2:	Consumo energético de la maquinaria de producción.	10
Tabla 3:	Consumo energético del puente grúa de 10T.....	10
Tabla 4:	Consumo energético del puente grúa de 6.3T+6.3T.....	10
Tabla 5:	Consumo energético del puente grúa 8T+8T.....	10
Tabla 6:	Consumo energético de otros elementos de la nave.....	11
Tabla 7:	Consumo medio de las máquinas.....	12
Tabla 8:	Distancia entre filas si fueran puestas en vertical.....	17
Tabla 9:	Distancia entre filas si fueran puestas en horizontal.	17
Tabla 10:	Balance de energía de la segunda combinación en verano	21
Tabla 11:	Coste de la primera combinación.....	21
Tabla 12:	Coste de la segunda combinación.....	22
Tabla 13:	Coste de la tercera combinación.....	22
Tabla 14:	Coste del sistema fotovoltaico.	22

Índice de Figuras de la Memoria.

Figura 1:	Nave industrial.....	8
Figura 2:	Gráfica de relación entre azimut y altura solar Fuente: Universidad de Oregon: Polar coordinate sunt path chart.....	15
Figura 3:	Figura para cálculo de la distancia entre paneles	16

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

1. OBJETO DEL TRABAJO

El objeto del trabajo es el de mejorar la eficiencia energética de una nave industrial situada en Aspe, Alicante. Se realizará un estudio de la solución actual y se plantearán nuevas soluciones. También, tanto a modo de mejorar la eficiencia energética como conseguir un ahorro a largo plazo, se estudiará la posible implantación de un sistema fotovoltaico.

2. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA: ANTECEDENTES, MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN.

Como se ha dicho anteriormente se pretende mejorar una nave industrial situada en Aspe, código postal: 03680, latitud de 38° 20' 55" Norte, una longitud de 0° 46' 10" Oeste y una altitud de 229m. Dicha nave industrial está formada por dos cuerpos de 12m de altura, 18m de ancho; uno de los cuerpos tiene una longitud de 180.46m y el otro 126.45m lo cual hace un área total de 5524.38m². Los pilares de la nave industrial están situados a 6m de distancia y el cerramiento de la nave actualmente es de hormigón prefabricado de 16cm de espesor, con una cubierta a dos aguas con 6 grados de inclinación de acero galvanizado de 0.6mm de espesor. Esta combinación de cerramiento y cubierta le da una muy mala envolvente térmica, además hay que tener en cuenta que actualmente tiene una abertura superior de 1.5m de altitud a lo largo de toda la nave.

El proyecto de la nave en cuestión fue llevado a cabo por José Ignacio Sirvent Mira, los planos originales, los cuales han sido modificados posteriormente para introducir los cambios realizados también han sido realizados por él y han sido marcados con una I en la numeración.

En lo relativo al alcance del trabajo, las mejoras que se plantearán para la nave industrial son: una mejora de la envolvente térmica, también un sistema fotovoltaico para aumentar la cantidad de energía consumida proveniente de energía renovable y se intentará mejorar la climatización añadiendo extractores de aire para aumentar la renovación de aire y tener así una mejor condición de trabajo lo cual aumentará el rendimiento de los trabajadores.

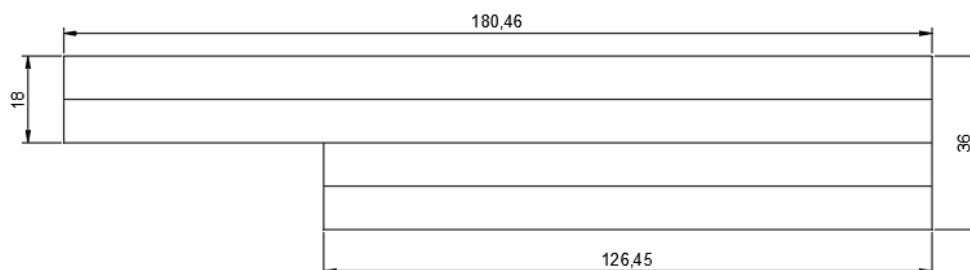


Figura 1: Nave industrial

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

3. NORMATIVA.

Código Técnico de la Edificación (CTE) según la ley 38/1999 de 5 de noviembre.

Documento Básico HE Ahorro de energía.

DA-DB-HE-1. El cual es un apoyo al documento básico el cual indica el cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

RD1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

RD-427. En el cual se regula la cantidad de aire que se debe renovar en las plantas industriales.

4. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y RANGO DE SOLUCIONES DEL TRABAJO.

4.1. Requisitos de Trabajo.

4.1.1. Climatización

Se busca una humedad del 75% en el interior para mejorar el proceso de producción del hormigón prefabricado. También se busca una temperatura interior alrededor de los 25°C, para lo cual se mejorará la envolvente térmica y se añadirán extractores que aumenten la renovación de aire.

4.1.2. Consumo energético.

Las máquinas instaladas con su potencia para el funcionamiento de la nave industrial se ven reflejadas en las siguientes tablas.

Nave 3	Cantidad	Potencia unitaria (kw)	Subtotal (Kw)	Total (Kw)
PLANTA HORMIGON	1			
Alimentadores áridos	6	1,50	9,00	
Cinta pesadora	1	7,40	7,40	
Cinta reversible	1	2,30	2,30	
sinfin	4	7,40	29,60	
Mezcladora	2	55,20	110,40	
SKIP ELEVADOR ARIDOS	2	11,10	22,20	180,90

Tabla 1: Consumo energético de la planta de hormigón.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Nave 3	Cantidad	Potencia unitaria (kw)	Subtotal (Kw)	Total (Kw)
MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN	1			
Máquina conformadora de piezas	1	40,00	40,00	
Sierra de disco	1	60,00	60,00	
Máquina multifunción	1	15,00	15,00	
Vagoneta de reparto	1	30,00	30,00	
Semipórtico	2	13,00	26,00	
Motores moldes	12	1,70	20,40	191,40
Central de producción aire comprimido	1	50,00	50,00	50,00

Tabla 2: Consumo energético de la maquinaria de producción.

Nave 3	Cantidad	Potencia unitaria (kw)	Subtotal (Kw)	Total (Kw)
PUENTE GRUA BIRAIL 10T	2			
Polipasto	1	15,50	15,50	
Traslación del carro	1	0,60	0,60	
Traslación puente	2	2,40	4,80	41,80

Tabla 3: Consumo energético del puente grúa de 10T.

Nave 3	Cantidad	Potencia unitaria (kw)	Subtotal (Kw)	Total (Kw)
PUENTE GRUA BIRAIL 6.3T+6.3T	1		38,20	
Polipasto	2	15,50	31,00	
Traslación del carro	2	0,60	1,20	
Traslación puente	2	3,00	6,00	38,20

Tabla 4: Consumo energético del puente grúa de 6.3T+6.3T.

Nave 3	Cantidad	Potencia unitaria (kw)	Subtotal (Kw)	Total (Kw)
PUENTE GRUA BIRAIL 8T+8T	4			
Polipasto	2	15,50	31,00	
Traslación del carro	2	0,60	1,20	
Traslación puente	2	3,00	6,00	152,80

Tabla 5: Consumo energético del puente grúa 8T+8T.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Nave 3	Cantidad	Potencia unitaria (kw)	Subtotal (Kw)	Total (Kw)
Bomba para depósito de agua	1	8,00	8,00	8,00
Bomba reciclaje de agua	1	4,00	4,00	4,00
Bomba para lavado a presión	1	10,00	10,00	10,00
Motor grupo hidráulico tesado cables	2	20,00	40,00	40,00
Centrales hidráulicas	2	4,10	8,20	8,00

Tabla 6: Consumo energético de otros elementos de la nave.

De esta potencia instalada (725.3Kw) la única parte que funciona en su totalidad es la parte relacionada con la planta de hormigón y la parte de maquinaria de producción, a excepción de los motores molde y semipórticos, de los cuales solo funcionan “de forma continua” 4 motores molde y en cuanto a los semipórticos, uno de ellos funciona 3 horas y media y el otro, 7 horas, haciendo un total de 10.5h. Finalmente, los puentes grúas funcionan 7 horas diarias. Esto queda reflejado en la siguiente tabla junto al consumo medio horario, el cual será utilizado para calcular el consumo energético anual.

Nave 3	Cantidad	Potencia unitaria (kw)	% utilización en la jornada	Colaboración potencia media (Kw)
PLANTA HORMIGON	1			
Alimentadores áridos	6	1,50	600%	9,00
Cinta pesadora	1	7,40	100%	7,40
Cinta reversible	1	2,30	100%	2,30
sinfín	4	7,40	400%	29,6
Mezcladora	2	55,20	200%	110,40
SKIP ELEVADOR ARIDOS	2	11,10	200%	22,20
MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN	1			
Maquina conformadora de piezas	1	40,00	100%	40,00
Sierra de disco	1	60,00	100%	60,00
Maquina multifunción	1	15,00	100%	15,00
Vagoneta de reparto	1	30,00	100%	30,00
Semipórtico	2	13,00	69%	8,97
Motores moldes	12	1,70	400%	6,80
Central de producción aire comprimido	1	50,00	100%	50,00

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Nave 3	Cantidad	Potencia unitaria (kw)	% utilización en la jornada	Colaboración potencia media (Kw)
PUENTE GRUA BIRAIL 10T	2	20,90	47%	9,73
PUENTE GRUA BIRAIL 6.3T+6.3T	1	38,20	47%	17,80
				419,21

Tabla 7: Consumo medio de las máquinas.

El porcentaje de utilización en la jornada es un valor calculado respecto a una unidad de la maquinaria correspondiente y teniendo en cuenta las horas que trabajan respecto al total de una jornada laboral de 15h. Un ejemplo claro de esto son los motores moldes, que entre todos ellos en un día funcionan 60h, lo que corresponde a un 400%.

Estos datos se deben al funcionamiento que se tiene en la nave; la parte larga de la nave funciona durante el inicio de la jornada laboral durante la cual se preparará hormigón, con lo cual la planta de hormigón estará funcionando de forma constante, para preparar 6 bancadas. Durante este tiempo de preparación de las 6 bancadas estarán funcionando el puente grúa de 6.3T+6.3T y uno de los semipórticos. Una vez se acabe la preparación de las 6 bancadas se pasará a trabajar en la parte corta de la nave, con lo cual trabajará el otro semipórtico y los dos puentes grúa de 10T.

Esto nos da un consumo de 1.439MWh anuales, a falta de introducir los extractores y humidificadores que se utilizarán para conseguir una correcta climatización de la nave. También hay una caldera de gasóleo para el suministro de agua caliente sanitaria con una potencia de 350Kw, la cual consume 15.000 litros de combustible mensuales.

4.2. Envolvente Térmica Actual y Opciones de Mejora.

4.2.1. Cubierta

La cubierta actual de la nave industrial es de acero galvanizado de 0.6mm de espesor con una transmisión térmica de 15W/m²k, lo cual no está cumpliendo con lo recomendado por el CTE en el DB-HE-1 para esta zona climática, ya que el valor recomendado es 0.38W/m²k. Con el objetivo de acercarse a este valor, se valorará la utilización de una cubierta compuesta por paneles sándwich porque son fáciles de instalar y además, al contener espuma rígida de poliuretano, reduce considerablemente la transmisión térmica.

Los paneles sándwich que se utilizarán serán de 40mm de espesor con una transmitancia de 0.57W/m²k o de 50mm de espesor con una transmitancia de 0.46W/m²k. Estos paneles están formados por una lámina de acero lacado en cada cara y por un núcleo de espuma rígida de poliuretano. Vemos que ninguno de estos se acerca al límite impuesto por el CTE, pero estas modificaciones suponen una gran mejora para la envolvente térmica de la nave.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

4.2.2. Cerramientos

El cerramiento actual de la nave industrial es de hormigón prefabricado con un espesor de 16cm y una transmisión térmica de $4.375\text{W/m}^2\text{K}$, lo cual no está cumpliendo el máximo recomendado de $0.66\text{W/m}^2\text{K}$ por el CTE en el DB-HE-1 para esta zona climática. Para acercarse a este objetivo se valorará el cambio del cerramiento de hormigón prefabricado actual de 16cm de espesor por otros de hormigón prefabricado pero que contengan un núcleo de poliestireno expandido, en concreto de 40kg/m^3 ya que es el que más reduce la transmitancia térmica.

Una vez se ha decidido la utilización de paneles sándwich de hormigón prefabricado con poliestireno expandido como núcleo, se plantean las siguientes combinaciones de hormigón y poliestireno: una primera combinación 6/6/8 lo cual da una conductividad de $0.55\text{W/m}^2\text{K}$ y una segunda combinación de 6/8/6 el cual da una conductividad de $0.415\text{W/m}^2\text{K}$, vemos que ambas combinaciones si cumplen con el límite máximo recomendado por el CTE en el en el DB-HE-1.

4.2.3. Huecos

En la solución inicial encontramos entre el cerramiento y la cubierta un hueco de 1.5m a lo largo de toda la nave. Para mejorar la envoltura térmica este hueco será reducido y se utilizarán ventanas de policarbonato de 32mm con un marco de PVC. El hueco se reducirá a 90cm para ello se prolongará el cerramiento, formado actualmente por 4 paneles de 2.5m haciendo una altura total de 10m. Para reducir el hueco a 90cm se utilizarán 4 paneles de 2.65m, teniendo así una altura del cerramiento de 10.6m. Se colocarán ventanas de $150\times 90\text{cm}$, de forma que quepan justo 4 ventanas entre pilares y aprovechando así el pilar como refuerzo para las ventanas de los extremos.

El policarbonato que se utilizará es el policarbonato marlonst espesor de 32 mm “siete paredes”, con las siguientes propiedades, factor solar $g=64\%$, transmitancia térmica $U=1.25\text{W/m}^2\text{K}$ y un marco de PVC cuya conductividad térmica es $0.17\text{W/m}^2\text{K}$ el cual ocupará casi un 25% del área total.

4.2.4. Puentes térmicos.

En la solución inicial encontramos varios puentes térmicos como el encuentro del cerramiento con el suelo. Esto será solucionado añadiendo espuma de poliuretano entre paneles sándwich y en el encuentro con el pilar.

Una vez solucionados los puentes térmicos con espuma de poliuretano, el único puente térmico que queda a solucionar es el encuentro cerramiento-cubierta, el cual será solucionado con la utilización de poliestireno en la viga canalón, reduciendo así su transmitancia térmica de $12.36\text{W/m}^2\text{K}$ a $0.54\text{W/m}^2\text{K}$.

4.2.5. Combinaciones.

Las combinaciones calculadas finalmente son las siguientes:

Primera combinación: Es la combinación de la que se partía, una cubierta de acero galvanizado de 0.6mm de espesor y cerramientos de hormigón prefabricado de 16cm de espesor, cuyas conductividades térmicas son $15\text{W/m}^2\text{K}$ y $4.375\text{W/m}^2\text{K}$ lo cual según el programa CE3X (programa para el cálculo de eficiencia energética) tiene una calificación energética de G.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Segunda combinación: En esta combinación se utilizarán los paneles Sándwich de 40mm de espesor para la cubierta junto a los paneles sándwich de hormigón con la combinación 6/6/8; además de esto, se solucionará tanto los puentes térmicos como el problema con el hueco de la forma que se ha explicado previamente. Esto según el programa CE3X obtiene una calificación energética E.

Tercera combinación: En esta combinación se utilizarán los paneles Sándwich de 50mm de espesor para la cubierta junto a los paneles sándwich de hormigón con la combinación 6/8/6; además de esto, se solucionará tanto los puentes térmicos como el problema con el hueco. Esto según el programa CE3X obtiene una calificación energética E.

4.3. Renovaciones de Aire.

Según el RD-427 se pide una renovación de $30\text{m}^3/\text{h}$ por cada trabajador, $50\text{m}^3/\text{h}$ en el caso de que existiesen humos. A pesar de esto, para conseguir una mejor climatización se considera necesario una renovación de $206.000\text{m}^3/\text{h}$ que se solucionará con extractores de SODECA WALL/FREE-71-6T-1.5 cuyo caudal máximo es $19950\text{m}^3/\text{h}$ regulable a la mitad, con lo cual se reducirá a la mitad, $9775\text{m}^3/\text{h}$, ya que una velocidad excesiva del aire podría molestar a los trabajadores. Finalmente se opta por poner 22 de estos, teniendo un caudal total de $215000\text{m}^3/\text{h}$.

4.4. Humedad.

Como se ha dicho previamente, se busca conseguir una humedad del 75% en el interior de la nave. También es conocida la humedad mínima de Aspe, la cual es un 4%, que a 20 grados cada kg de aire contiene 0.4g de agua. Suponiendo las peores condiciones, para conseguir el 75% de humedad a 34°C la cantidad de agua por cada kilogramo de aire son 28g. Esto supone una diferencia de 27.6g de agua por kilo de aire. Siendo conocido el caudal de aire que tenemos se puede calcular la cantidad de agua a aportar para mantener el aire interior a un 75% de humedad a una temperatura de 34°C , que debe ser de 1961,51g por segundo, lo cual son alrededor de $7200\text{kg}/\text{h}$.

Si tuviéramos en cuenta el caso medio de humedad sería de 63% a 20°C , el cual contiene 9.3g por cada kg de aire lo cual será una diferencia de 18.7g/kg que con el caudal de aire que se consigue según lo explicado en el apartado anterior se tendrá que aportar 1328,28g lo cual se traduce en $4780\text{kg}/\text{h}$.

Como se ve, se necesitan prácticamente 2 litros por segundo, que son 7200 kilos por hora. Con los humidificadores que hay en el mercado y la renovación de aire que se tiene en la nave no es un objetivo factible de lograr, ya que la instalación supone un gran gasto y también un gran consumo energético.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

4.5. Sistema Fotovoltaico

Con el fin de obtener un mayor ahorro a largo plazo y aumentar la eficiencia energética, se ha estudiado la posibilidad de poner un sistema fotovoltaico en la cubierta de la nave industrial. También existe la posibilidad de utilizar un sistema de cogeneración utilizando un motor de combustión interna alternativo de gasóleo, ya que la relación calor electricidad de este tipo de máquinas encaja con los consumos energéticos de la planta.

Finalmente se ha optado por un sistema fotovoltaico, ya que utilizar cogeneración implicaría quemar más gasóleo del que se está quemando actualmente y no se lograría cumplir con la recomendación DB-HE 4 de tener un mínimo de la energía consumida proveniente de fuentes renovables. A la hora de implantar el sistema fotovoltaico tenemos que el azimut es 14.3° debido a la propia orientación de la nave industrial. Para este azimut se obtiene una altura del sol de 27° .

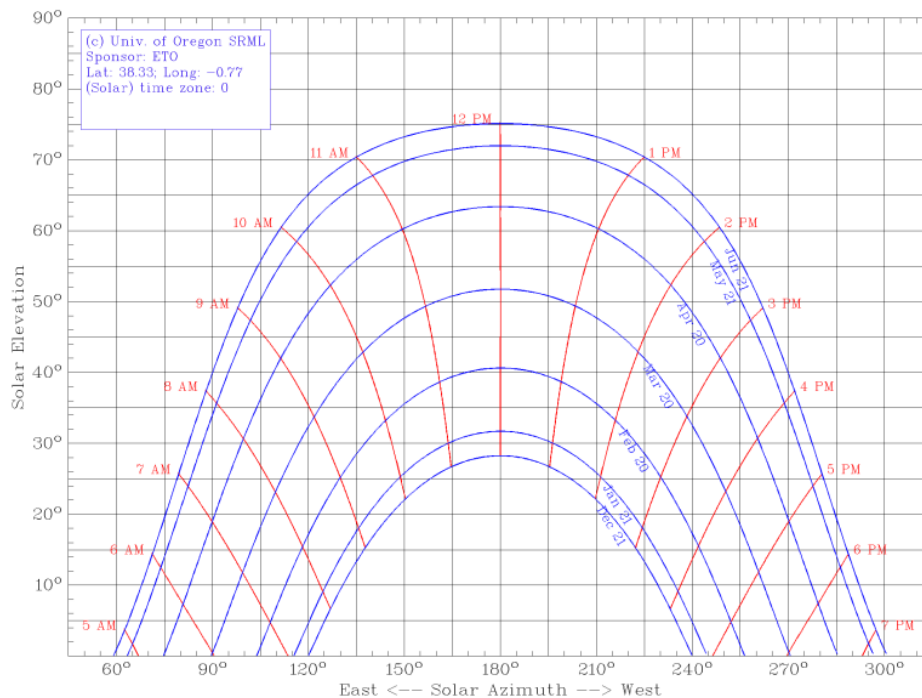


Figura 2: Gráfica de relación entre azimut y altura solar Fuente: Universidad de Oregon: Polar coordinate sunt path chart

El módulo fotovoltaico que se va a utilizar es de la empresa Alpha Solar Planet, en concreto el HM6L-72 de 450Wp con las siguientes características.

- Tensión en el Punto de Máxima Potencia ($V_{m\acute{a}x}$) 41.4V
- Corriente en el punto de máxima potencia ($I_{m\acute{a}x}$) 10,87 A
- Tensión en Circuito Abierto (V_{oc}) 50V
- Corriente de cortocircuito (I_{sc}) 11.54A
- Eficiencia 20.7%

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

- Rango de temperatura -40~85 °C
- Coeficiente de Temperatura de P_{máx} -0,37 %/°C
- Coeficiente de Temperatura de V_{oc} -0,286 %/°C
- Coeficiente de Temperatura de I_{sc} 0,057 %/°C
- Dimensiones (A/A/F) 2094x1038x35 mm

El inversor que se utilizará será el Sirio K500 de Aros Solar cuyas características son las siguientes:

- Potencia máxima 500Kw
- Entrada:
- Tensión de continua máxima en circuito abierto 880Vcc
- Intervalo de ejercicio 450-760Vcc
- Corriente de entrada máxima 1178Acc
- Rendimiento máximo 98,1%
- Rendimiento europeo 97.5%

Primeramente, para saber la distancia mínima entre paneles se ha utilizado la siguiente fórmula.

$$Longitud * (\cos(\beta - \alpha) + \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\tan(\gamma + \alpha)})$$

Ecuación 1: Distancia entre filas de paneles

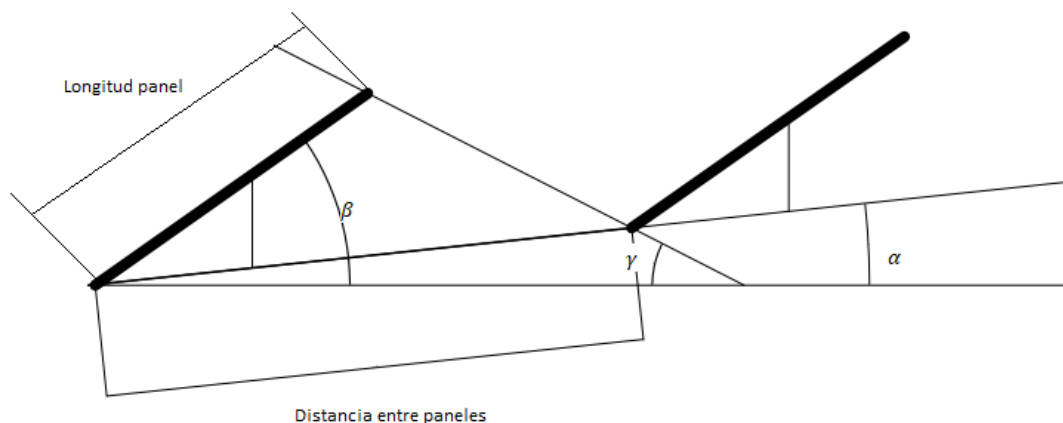


Figura 3: Figura para cálculo de la distancia entre paneles

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Longitud modulo	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094
Angulo β	35°	30°	25°	20°	16°	10°	6°
Altura solar γ	27°	27°	27°	27°	27°	27°	27°
Inclinación cubierta α	6°	6°	6°	6°	6°	6°	6°
Distancia	3,390	3,220	3,030	2,810	2,620	2,310	2,094
Filas posibles	3	3	3	4	4	4	5

Tabla 8: Distancia entre filas si fueran puestas en vertical.

Longitud modulo	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038
Angulo β	35°	30°	25°	20°	15°	10°	6°
Altura solar γ	27°	27°	27°	27°	27°	27°	27°
Inclinación cubierta α	6°	6°	6°	6°	6°	6°	6°
Distancia	1,690	1,600	1,500	1,400	1,280	1,180	1,038
Filas posibles	6	6	7	7	8	9	10

Tabla 9: Distancia entre filas si fueran puestas en horizontal.

El ángulo β elegido es 35° puesto que es el óptimo a la hora de producir energía solar, el ángulo α es la inclinación de la cubierta, la cual son 6° y el ángulo γ utilizado es la altura solar que es de 27° en el peor de los casos, esto es en el momento en que la altura es menor pues más sombra está generando, esto sucede justo el día 21 de diciembre. La longitud del panel es de 1.038m lo cual nos da una distancia de 1.69m, que finalmente será una distancia de 1.7m. Con estos datos sabemos que finalmente se pueden introducir 6 filas de placas solares en cada uno de los cuerpos de la nave industrial. A lo largo caben 86 módulos fotovoltaicos en uno de los cuerpos y 60 en el otro.

A partir de estos datos se calcula cuantos paneles solares se pueden poner en serie y cuantos paneles se pueden poner en paralelo. Esto se hace teniendo en cuenta el rango de trabajo del inversor (450-760V) para el cálculo de los módulos en serie y la intensidad máxima (1178A) para saber cuántos se pueden llegar a poner en paralelo. Habrá que calcular tanto la Voc (tensión en cortocircuito) máximo como la Voc mínimo y la Isc (corriente en cortocircuito) máxima. Esto se hace con las fórmulas siguientes.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Primero se calcula la variación de voltaje e intensidad por variación de temperatura.

$$\text{Variación Voc} = Voc * \frac{\text{coef Voc}}{100}$$

Ecuación 2: Variación Voc

$$\text{Variación Isc} = Isc * \frac{\text{coef Isc}}{100}$$

Ecuación 3: Variación Isc

Lo cual nos da unos valores de -0.143V/°C para la variación de la Voc y 0.0065A/°C para la variación de la Isc.

Una vez obtenidos estos coeficientes de variación (VarVoc y VarIsc) se pueden calcular los mínimos y máximos con las fórmulas siguientes.

$$Voc(\text{máx o mín}) = Voc + (T_{\text{trabajo}} - T_{\text{ref}}) * VarVoc$$

Ecuación 4: Voc(máx o mín)

$$Isc(\text{máx}) = Isc + (T_{\text{trabajo}} - T_{\text{ref}}) * VarIsc$$

Ecuación 5: Isc(máx)

Siendo la T_{ref} 25°C y la T_{Trabajo} 85°C para el caso de Voc mín y Isc máx y 0°C para el caso de Voc máx.

Con estos datos se obtiene que el Voc máximo es 53.575V, el mínimo es 41.42V y la Isc máx 11.93A. Con estos datos obtenemos que se pueden tener un máximo de 14 paneles y un mínimo de 11 en serie, y un máximo de 73 en paralelo. Serán elegidos 12 paneles en serie y 72 en paralelo. El motivo por el cual se ha elegido poner 12 paneles en serie es que, colocándolos en múltiples de 12, tanto horizontal como verticalmente es de la forma en que más paneles solares caben, finalmente se ha decidido colocarlos de forma horizontal.

Con esto se obtienen un total de 864 paneles fotovoltaicos con una potencia pico de 466.5Kwp y una producción anual según PVGIS (programa para el cálculo de producción de energía fotovoltaica) de 647,82MWh, que respecto al consumo anual de 1.439MWh se estaría obteniendo un 45% de fuentes renovables. A pesar de que solo 406.44MWh se estarían produciendo en días laborables, ya que el resto de producción sería en días no laborables.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

5. METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y LOS BALANCES DE ENERGÍA.

Lo primero que se ha hecho es buscar los cerramientos, cubiertas, los policarbonatos con sus correspondientes marcos de PVC y solucionar el problema del puente térmico resultante del encuentro entre los cerramientos y la cubierta. Después lo que se ha hecho es medir las áreas que son necesarias para los cálculos del balance energético. Estas son las de cerramiento, las de lucernario, las de cubierta y las del suelo, necesarias para el uso de una herramienta para el cálculo de la renovación de aire necesaria, desarrollada por POLIGLAS.

Con los datos calculados previamente y siendo conocidas las transmitancias térmicas y demás características térmicas de cada elemento, como el factor solar de los lucernarios o la absorptividad del marco de PVC. Se han introducido en la herramienta nombrada previamente para el cálculo de la renovación de aire necesaria en la nave industrial.

Una vez se ha conocido la renovación de aire necesaria se han buscado las temperaturas en el Sistema de Información Ambiental Regional (SIAR), con esta base de datos se han considerado de interés para ser utilizadas a la hora de calcular los balances de energía, la media de las temperaturas máximas en verano, la mínima en invierno (para comprobar el riesgo a heladas por la noche) y la temperatura media de las temperaturas medias en invierno. Estos datos han sido los siguientes: una temperatura máxima en verano de 34°C, una mínima en invierno de -4°C, una temperatura media en invierno de 10.7°C y unas radiaciones de solares de 700W/m² en verano y de 20W/m² en invierno.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios se han calculado las transmisiones térmicas a través de cerramientos, cubiertas, lucernarios y a través del puente térmico, se ha calculado el calor aportado por los trabajadores, así como el aportado por el agua caliente, la luminaria y la maquinaria que se encuentra en el interior de la nave, así mismo se ha calculado el intercambio de calor que hay debido a la renovación de aire y finalmente la radiación a través de los lucernarios.

Para el cálculo de las transmisiones ha sido utilizada la siguiente fórmula.

$$Q = U * A * (T_{ext} - T_{int})$$

Ecuación 6: Calor por transmisión

Siendo U la transmisión térmica, A el área que se está tratando según el caso, lucernario, cerramiento, cubierta o puente térmico, T_{ext} la temperatura en el exterior y T_{int} en el interior.

Para calcular el calor debido a la renovación del aire se ha utilizado la siguiente fórmula.

$$Q = Cp * G * (T_{ext} - T_{int})$$

Ecuación 7: Calor por renovación de aire

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Donde C_p es el calor específico del aire a presión constante, se ha tomado este como 1007J/kgk. G es el gasto másico del aire, que se ha calculado a partir de la renovación del aire que hemos obtenido con la herramienta nombrada previamente, y después adaptado al conseguido con los extractores instalados y con una densidad del aire 1.19kg/m³.

Para el calor aportada por luminaria, agua caliente y maquinas se ha sumado el total del agua y se ha calculado la potencia media de las maquinas que se encuentran en el interior, el cual ha sido sumado al calor del agua para conocer este aporte de calor. Finalmente se ha calculado el calor aportado por la radiación a través de los lucernarios. Para esto ha sido necesario el cálculo del factor F de radiación para esto se ha seguido el documento DA-DB-HE-1, del Código Técnico, a partir de este se calcula el factor de sombra a través de las tablas que proporciona el documento. Una vez obtenido el factor de sombra se calcula la relación de área que ocupa el marco respecto al total del lucernario, el cual resulta ser aproximadamente el 25%. Con estos datos y las características térmicas y lumínicas del marco y del policarbonato se calcula el factor F con la siguiente fórmula.

$$F = F_s * ((1 - F_m) * g + F_m * 0.04 * U_m * \alpha$$

Ecuación 8: Factor F

Donde F_s es el factor sombra, F_m la relación del marco respecto al total del lucernario, g es el factor solar, U_m la conductividad del marco y α la absorptividad del marco. Una vez se ha calculado el factor F ya es posible calcular el calor aportado por la radiación a través del lucernario. Con la siguiente fórmula.

$$Q = F * Radiación * A$$

Ecuación 9: Calor radiación

Todo lo reflejado previamente se ve en la siguiente tabla (Tabla 9: Balance de energía de la segunda combinación en verano²¹), la cual es un ejemplo de cálculo de la segunda combinación en verano, el resto de las tablas con el resto de los cálculos según sea invierno o verano y de cada combinación se ven en el anexo correspondiente.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Debido a renovación del aire	Tint(°C)	Text(°C)	Cpaire(j/kgk)	Caudal másico kg/s	Calor (W)
	25,00	34,00	1.007,00	71,00	644.102,30
Radiación aberturas	F	Radiación (W/m²)		Superficie (m²)	
	0,48	700,00		389,60	131.201,20
Transmisión cerramientos	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,55	4588,90	22.715,30
Transmisión cubierta	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,57	5473,80	28.080,80
A causa de las maquinas + agua					
					452.350,00
A causa de las personas	Cantidad	Energía por persona (W)			
	21	50,00			1.050,00
Transmisión del hueco/ventana	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,98	389,60	3.440,70
Puente térmico (viga canalon)	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,54	279,60	1.359,20
					1.282.940,50

Tabla 10: Balance de energía de la segunda combinación en verano

6. COSTE E IMPACTOS DEL PROYECTO. ESTUDIO ECONÓMICO Y PRESUPUESTO.

6.1. Coste de Cada Combinación.

Elemento	Unidad	Medida	Precio unitario	Total
Cerramiento	m2	4.329,20	38,42 €	166.327,86 €
Cubierta	m2	5.473,86	15,28 €	83.640,53 €
Presupuesto de Ejecución Material				249.968,40 €
Gastos generales (15%)				37.495,26 €
Beneficio industrial (6%)				14.998,10 €
Coste total				302.461,76 €

Tabla 11: Coste de la primera combinación

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Elemento	Unidad	Medida	Precio unitario	Total
Cerramiento	m2	4588,95	48,33 €	221.783,95 €
Cubierta	m2	5473,86	26,31 €	144.017,18 €
Lucernario	m2	389,63	251,46 €	97.976,36 €
Poliestireno puente	m2	559,37	14,95 €	8.362,58 €
Extractores	u	22	4.311,98 €	94.863,56 €
Presupuesto de Ejecución Material				567.003,63 €
Gastos generales (15%)				85.050,54 €
Beneficio industrial (6%)				34.020,22 €
Coste total				686.074,39 €

Tabla 12: Coste de la segunda combinación

Elemento	Unidad	Medida	Precio unitario	Total
Cerramiento	m2	4588,95	49,83 €	228.667,38 €
Cubierta	m2	5473,86	27,65 €	151.352,14 €
Lucernario	m2	389,63	251,46 €	97.976,36 €
Poliestireno puente	m2	559,37	14,95 €	8.362,58 €
Extractores	u	22	4.311,98 €	94.863,56 €
Presupuesto de Ejecución Material				581.222,02 €
Gastos generales (15%)				87.183,30 €
Beneficio industrial (6%)				34.873,32 €
Coste total				703.278,65 €

Tabla 13: Coste de la tercera combinación

Como vemos la solución más barata es la que hay inicialmente y apenas hay diferencia de precio entre la segunda y tercera combinación. A pesar de que no hay apenas diferencia económica entre la segunda y la tercera combinación ambas nos dan la misma calificación energética, con lo cual se optará por la segunda combinación como propuesta de mejora final.

6.2. Coste del Sistema Fotovoltaico.

Elemento	Unidad	Medida	Precio unitario	Total
Placa solar	u	864	106,61 €	92.106,72 €
Soporte	u	864	29,71 €	25.669,44 €
Inversor	u	1	75.777,50 €	75.777,50 €
Presupuesto de Ejecución Material				193.553,66 €
Gastos generales (15%)				29.033,05 €
Beneficio industrial (6%)				11.613,22 €
Coste total				234.199,93 €

Tabla 14: Coste del sistema fotovoltaico.

El coste final del sistema fotovoltaico de 388.8KWp es de 234.199,93€, lo cual hace que cada Wp tenga un coste de 0.61€ lo cual es un muy buen precio.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

6.3. Ahorro en Cada Solución.

Para cuantificar el ahorro de cada solución se va a comparar la segunda y tercera solución respecto a la primera, que es la solución de la que partimos y la cual pretendemos mejorar. Estos ahorros lo vamos a medir comparando el calor que se deja de emitir o se deja de recibir según sea invierno o verano. También compararemos las calificaciones energéticas de cada una de las soluciones, antes y después de la implantación del sistema fotovoltaico. En el caso del ahorro del sistema fotovoltaico también se tendrá en cuenta el ahorro que se tiene en la factura energética.

Para la primera combinación en invierno, y suponiendo una temperatura interior de 25°C se estarían perdiendo 2.8Mw de calor. Cabe decir que con esta combinación y suponiendo una temperatura exterior de 10.7°C la temperatura de equilibrio sería de 13.16°C. En verano con esta misma combinación y suponiendo 25°C y 34°C en el exterior, el calor que se estaría aportando son 3Mw.

Para la segunda combinación en invierno, y suponiendo una temperatura interior de 25°C se estarían perdiendo 595Kw de calor, lo cual es considerablemente menor a la primera combinación. Cabe decir que con esta combinación y suponiendo una temperatura exterior de 10.7°C la temperatura de equilibrio sería de 17.34°C. En verano con esta misma combinación y suponiendo 25°C y 34°C en el exterior, el calor que se estaría aportando son 1.37Mw.

Para la tercera combinación en invierno, y suponiendo una temperatura interior de 25°C se estarían perdiendo 578Kw de calor. Cabe decir que con esta combinación y suponiendo una temperatura exterior de 10.7°C la temperatura de equilibrio sería de 17.44°C. En verano con esta misma combinación y suponiendo 25°C y 34°C en el exterior, el calor que se estaría aportando son 1.36Mw.

Como se ve la diferencia entre la tercera combinación y la segunda apenas es notable, y ambas tienen una calificación energética E, en el caso de no contar con el sistema fotovoltaico y D si se cuenta con el con lo cual finalmente se optará por la segunda combinación.

Como se ha dicho previamente el sistema fotovoltaico produce anualmente 647,822MWh, suponiendo un ahorro de 80€ por cada MWh producido tendríamos un ahorro aproximado de 51760€, lo cual nos devolvería la inversión en un periodo de 3 años y 9 meses (4 años).

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

7. CONCLUSIÓN

Finalmente se optará por la segunda solución planteada, incluyendo el sistema fotovoltaico la cual tiene un coste de 920.274,32€. Con estos cambios se conseguirá una calificación energética D. Además, gracias al sistema fotovoltaico estaríamos dejando de emitir 97T de CO₂ de forma anual, según el mix energético español, que emite 150g de CO₂ por cada KWh producido.

A pesar de que esto tenga un coste elevado, la diferencia respecto al presupuesto inicial es de 617812.56€, los cuales acabaran siendo amortizados gracias al sistema fotovoltaico.

Con esta solución nos acercamos a cumplir las recomendaciones del CTE en el DB-HE-1, para cumplir esto faltaría reducir aun más la transmisión térmica de la cubierta, pero se considera suficiente la solución adoptada. Esto también colaboraría al bienestar térmico de los trabajadores, aumentando así el rendimiento de los trabajadores, como también aconseja el CTE en el DB-HE-2. Además, los paneles fotovoltaicos producirán un 45% de la energía demandada por la nave. El CTE en el DB-HE-5 también recomienda que una parte de la energía consumida sea de origen renovable, esto nos ayudará a cumplir con esta recomendación.

8. BIBLIOGRAFÍA

Universidad de Oregón Polar Sun Chart. URL:

<http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>

Catalogo Marlonst

Blog Palau i Soler. URL: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/>

-Conductividad del poliestireno. URLS:

<https://blog.synthesia.com/es/como-es-la-conductividad-termica-del-poliuretano>

<https://www.netzsch-thermal-analysis.com/es/materiales-aplicaciones/aislantes-termicos/poliestireno-expandido-conductividad-termica/>

Código Técnico de Construcción

Gramos de CO₂ emitidos a la atmosfera por cada Kwh producido

https://canviclimatic.gencat.cat/es/actua/factors_demissio_associats_a_lenergia/

Catalogo SODECA URL: <https://www.sodeca.com/es/catalogs>

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

ANEXOS

Índice de los anexos.

ANEXOS	25
ANEXO 1: DIMENSIONES.	26
ANEXO 2: DATOS METEREOLÓGICOS DE MONFORTE DEL CID.	27
ANEXO 3: BALANCES DE ENERGÍA.	51
1. VIGA CANALÓN.	51
2. VERANO.	51
3. INVIERNO.	54
ANEXO 4: ENERGÍA.	57
1. DEMANDA ENERGÉTICA.	57
2. SISTEMA FOTOVOLTAICO.	58
2.1. Distancia Entre Filas De Paneles Fotovoltaicos.	58
ANEXO 5: DETALLE VIGA CANALÓN.	58
ANEXO 6: DETALLE PANEL SANDWICH.	59

Índice de tablas de los anexos.

Tabla 15: Dimensión del cerramiento con orientación norte	26
Tabla 16: Dimensión del cerramiento con orientación sur.	26
Tabla 17: Dimensión del cerramiento con orientación oeste	26
Tabla 18: Dimensión del cerramiento con orientación este	26
Tabla 19: Transmitancia térmica de la viga canalón	51
Tabla 20: Balance de energía de la solución inicial en verano.	52
Tabla 21: Balance de energía de la segunda combinación en verano.	52
Tabla 22: Balance de energía de la tercera combinación en verano.	53
Tabla 23: Balance de energía de la solución inicial en invierno.	54
Tabla 24: Balance de energía de la segunda combinación en invierno.	55
Tabla 25: Balance de energía de la tercera combinación en invierno.	56
Tabla 26: Demanda energética media.	57
Tabla 27: Distancia entre filas si fueran puestas en vertical.	58
Tabla 28: Distancia entre filas si fueran puestas en horizontal.	58
Tabla 29: Presupuesto.	59

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

ANEXO 1: DIMENSIONES.

Parte de orientación norte	m ²
Cerramiento	1912,87
Abertura	162,41
Total	2075,29

Tabla 15: Dimensión del cerramiento con orientación norte

Parte de orientación sur	m ²
Cerramiento	1912,87
Abertura	162,41
Total	2075,29

Tabla 16: Dimensión del cerramiento con orientación sur

Orientación oeste	m ²
Cerramiento	381,60
Abertura	32,40
Total	414,00

Tabla 17: Dimensión del cerramiento con orientación oeste

Orientación este	m ²
Cerramiento	381,60
Abertura	32,40
Total	414,00

Tabla 18: Dimensión del cerramiento con orientación este

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

ANEXO 2: DATOS METEREOLÓGICOS DE MONFORTE DEL CID.

Han sido utilizados los datos de Monforte del Cid puesto que es la estación meteorológica más cercana a Aspe.

Temp Media (°C)	Temp Máx (°C)	Temp Mín (°C)	Hum Media (%)	Hum Max (%)	Humedad Mín (%)	Radiación (MJ/m2)	Fecha
19,2	29,92	10,85	68,36	94,4	26,64	23,16	14/06/2010
20,53	28,64	12,27	59,48	93,2	25,44	28,31	21/06/2010
23,54	31,89	12,96	53,34	85,5	19,95	27,13	28/06/2010
25,48	33,88	16	54,01	89	24,88	29,17	05/07/2010
26,14	33,27	18,74	68,83	98	28,5	26,79	12/07/2010
25,41	32,52	18,35	69,71	91,6	31,5	24,52	19/07/2010
24,86	32,67	16,04	64,34	91,7	26,84	24,76	26/07/2010
24,7	32,8	15,3	66,44	90,6	21,43	23,61	02/08/2010
25,38	35,89	18,59	65,65	92,5	24,61	21,31	09/08/2010
24,14	34,27	16,92	72,35	94	32,51	22,16	16/08/2010
27,28	42,46	11,55	54,24	91,3	13,58	23,51	23/08/2010
22,94	32,6	14,83	64,56	90,9	19,61	20,5	30/08/2010
22,42	33,67	12,68	58,37	92,7	19,61	22,07	06/09/2010
21,55	29,65	14,23	72,72	93,2	36,45	17,27	13/09/2010
20,54	29,86	12,94	72,92	94,5	29,37	15,15	20/09/2010
19,21	28,44	11,47	72,84	94,2	28,94	17,84	27/09/2010
19,69	29,3	11,59	67,89	93,1	31,94	14,67	04/10/2010
16,74	26,45	9,23	72	94,5	23,16	11,19	11/10/2010
13,89	25,69	4,78	67,51	96	19,29	14,33	18/10/2010
13,82	22,05	2,83	53,93	95,2	10,36	12,1	25/10/2010
14,48	22,66	6,88	64,51	94,3	30,05	12,74	01/11/2010

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

15,17	23,61	7,41	50,26	91,6	21,19	11,18	08/11/ 2010
11,46	17,9	1,14	54,18	91,2	23,84	9,54	15/11/ 2010
10,47	18,41	5,94	64,64	96,8	34	7,27	22/11/ 2010
7,2	14,05	-1,77	71,38	95,9	31,31	6,48	29/11/ 2010
12,85	23,54	3,16	76,05	96,7	28,58	7,44	06/12/ 2010
8,08	15,55	-1,98	62,47	97,2	16,06	6,98	13/12/ 2010
8,33	15,62	-0,82	63,74	97,9	19,04	7,68	20/12/ 2010
6,25	14,58	-3,25	76,72	95,8	12,47	7,36	27/12/ 2010
11,22	16,34	6,26	72,19	95,4	35,42	7,91	01/01/ 2011
11,08	20,52	3,5	65,93	95	31,43	9,38	03/01/ 2011
11,41	20,5	2,42	67,38	96,7	34,11	10,82	10/01/ 2011
7,08	15,32	-4,33	68,18	98	11,11	8,34	17/01/ 2011
7,22	13,91	-1,43	72,47	95,8	36,32	6,98	24/01/ 2011
8,29	19,48	0,67	54,89	83,8	19,77	12,98	31/01/ 2011
8,02	19,71	-0,48	73,41	97,9	23,96	13,4	07/02/ 2011
11,22	19,23	4,92	55,4	94,9	29,93	12,04	14/02/ 2011
13,5	26,5	4,78	51,4	89,9	14,34	14,53	21/02/ 2011
7,62	15,19	0,67	63,8	93,6	19,5	14,04	28/02/ 2011
10,57	20,11	2,76	74,2	96,9	33,85	11,75	07/03/ 2011
12,99	21,11	4,72	60,78	94,9	27,07	17,71	14/03/ 2011
11,93	21,4	3,98	73,8	97,3	30,86	13,68	21/03/ 2011
16,13	25,14	7,09	56,3	87,4	28,55	18,72	28/03/ 2011
18,48	34,89	6,28	45,48	88,9	8,04	22,76	04/04/ 2011
15,27	24,74	5,94	65,67	94,6	25,11	20,71	11/04/ 2011

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

14,31	20,79	5,53	70,98	94,3	36,22	15,34	18/04/ 2011
15,97	24,81	7,48	66,8	95	29,83	19,65	25/04/ 2011
18,21	26,7	10,92	65,02	95	23,61	21,53	02/05/ 2011
18,05	26,49	9,5	58,37	93	22,05	23,56	09/05/ 2011
17,59	26,75	8,76	60,82	92,8	22,05	20,78	16/05/ 2011
21,8	34,15	10,18	52,02	92,6	13,25	24,91	23/05/ 2011
17,58	27,78	9,03	70,12	94,7	36,59	18,15	30/05/ 2011
20,09	28,37	11,66	63,91	92,7	25,97	23,07	06/06/ 2011
23,68	35,56	14,02	61,88	92,5	19,87	28,74	13/06/ 2011
23,25	33,14	15,17	66,84	93	29,35	26,2	20/06/ 2011
24,21	32,06	14,57	68,43	93	39,68	25,2	27/06/ 2011
26,01	37,78	15,97	53,58	90,2	15,68	28,52	04/07/ 2011
25,39	39,65	15,97	61,28	90,7	14,12	24,96	11/07/ 2011
23,46	33,96	16,11	66,97	93,7	20,01	23,72	18/07/ 2011
24,22	31,66	16,17	67,42	93,1	25,62	24,06	25/07/ 2011
26,37	36,57	19,14	62,62	92,4	24,67	24,98	01/08/ 2011
24,43	34,14	15,1	64,3	91,8	25,22	22,02	08/08/ 2011
25,92	34,82	15,64	52,16	89,6	16,02	24,82	15/08/ 2011
25,36	36,3	17,06	58,52	93	16,29	22,61	22/08/ 2011
23,53	32,27	14,29	64,91	93,6	24,13	19,22	29/08/ 2011
23,48	34,55	13,69	61,93	94,1	16,29	22,97	05/09/ 2011
23,24	35,08	14,36	67,15	94,1	19,53	21,33	12/09/ 2011
20,88	30,25	12,6	70,13	95,2	23,33	17,69	19/09/ 2011
20,53	27,76	13,01	68,94	94,8	38,07	17,63	26/09/ 2011

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

18,86	29,64	9,77	65,76	95	20,96	18,01	03/10/2011
19,36	31,86	10,04	66,02	96,8	19,33	16,52	10/10/2011
17,05	25,89	9,17	73,89	95	30,51	13,37	17/10/2011
16,37	23,81	7,28	73,45	95,8	26,05	8,87	24/10/2011
15,28	22,98	7,9	78	97,6	49,33	8,03	31/10/2011
14,42	21,97	6,68	72,85	97,4	38,57	10,58	07/11/2011
13,85	20	5,46	75,31	94,8	39,67	7,73	14/11/2011
11,69	19,48	3,16	80,39	96,6	33,31	7,18	21/11/2011
11,84	19,71	5,59	80,53	98	41,36	7,82	28/11/2011
11,77	19,3	2,42	68,42	96,9	42,53	9,25	05/12/2011
11,96	19,45	4,72	56,42	83,3	32,86	7,81	12/12/2011
10,25	21,38	-0,01	60,71	94,4	26,35	9,64	19/12/2011
9,67	20,31	0,53	60,62	96,5	27,64	9,68	26/12/2011
12,99	21,04	6,68	55,27	83,8	31,74	10,31	01/01/2012
12,61	22,39	1,62	55,83	97,5	19,22	9,8	02/01/2012
9,14	16,54	0,2	72,17	97,3	33,32	8,13	09/01/2012
9,15	18,08	1,89	76,43	97,9	37,44	9,5	16/01/2012
8,69	16,34	2,02	75,69	97,1	21,68	9,98	23/01/2012
6,44	18,83	-2,43	43,46	94,1	17,44	11,58	30/01/2012
5,57	14,07	-3,51	44,21	92,4	10,98	14,16	06/02/2012
6,02	15,05	-2,3	59,75	96,8	11,86	13,66	13/02/2012
8,64	24,4	-1,43	54,8	96,9	13,67	15,6	20/02/2012
11,34	21,33	1,68	68,63	97,1	26,07	15,68	27/02/2012
10,02	20,84	1,21	59,55	91,5	16,93	18,27	05/03/2012

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

12,46	22,51	2,63	52,33	94,5	18,41	20,63	12/03/2012
10,55	19,5	3,57	69,02	95,7	28,03	16,89	19/03/2012
13,31	23,45	4,18	58,4	94,2	20,98	21,33	26/03/2012
13,41	22,32	7,07	66,36	97,4	24,43	18,33	02/04/2012
14,92	24,96	8,69	53,56	94,6	20,23	18,81	09/04/2012
15,84	25,49	6,74	44,43	87,7	14,42	23,51	16/04/2012
15,9	25,75	7,22	62,31	93,6	21,71	21,1	23/04/2012
15,8	25,3	5,8	56,92	94,7	24,76	24,19	30/04/2012
21,28	31,05	9,78	42,14	76,8	14,47	28,4	07/05/2012
19,16	26,23	11,52	61,77	91,5	22,95	26,69	14/05/2012
19,96	30,44	11,4	49,12	88,6	20,83	29,03	21/05/2012
21,99	31,25	12,82	50,3	89,4	18,52	26,69	28/05/2012
24,3	36,09	14,69	57,5	92,8	16,56	27,93	04/06/2012
22,23	34,56	11,33	53,54	91,6	17,99	30,36	11/06/2012
24,52	36,97	16,78	56,68	92,2	12,77	27,56	18/06/2012
26,82	38,7	16,04	47,63	88,1	14,06	27,6	25/06/2012
23,49	30,78	13,75	66,08	93,6	18,67	28,43	02/07/2012
25,7	34,52	18,26	63,05	91	10,35	27	09/07/2012
23,87	32,99	14,43	59,06	88	16,96	26,12	16/07/2012
24,41	31,72	9,98	63,38	90,7	29,89	25	23/07/2012
25,81	34,54	17,32	69,14	95,1	26,83	24,69	30/07/2012
27,25	39,68	18,19	57,86	90,6	10,34	23,63	06/08/2012
26,03	35,49	16,83	62,2	93,1	14,6	23,43	13/08/2012
27,14	36,62	16,22	56,23	95,8	16,58	22,9	20/08/2012

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

23,22	33,46	12,94	69,77	94	32,65	21,08	27/08/2012
21,46	30,04	12,07	64,53	91,1	22,92	22	03/09/2012
21,98	31,99	12,34	64,08	93,3	20,14	20,16	10/09/2012
21,4	30,98	12,39	68,05	91,7	21,37	17,75	17/09/2012
19,94	29,65	12,14	59,8	97,6	15,82	11,24	24/09/2012
19,43	31,46	11,46	75,01	96,6	26,03	17,88	01/10/2012
21,52	31,73	13,01	61,24	94,9	23,34	14,55	08/10/2012
16,83	26,36	8,22	70,86	96,9	23,62	11,93	15/10/2012
15,62	24,27	6,4	70,13	97,8	27,63	12,3	22/10/2012
14,36	24,18	4,11	67,99	97,2	21,73	10,57	29/10/2012
13,06	19,43	6,4	79,02	97,5	26,94	5,17	05/11/2012
14,09	20,18	8,75	82,43	97,6	46,64	6,25	12/11/2012
12,12	20,11	4,65	83,6	98,3	47,06	9,87	19/11/2012
9,18	21,33	0,26	57,98	98,4	29,4	9,14	26/11/2012
10,15	17,36	0,74	56,08	94,6	30,96	8,47	03/12/2012
10,18	20,86	-0,01	70,01	98	25,37	7,21	10/12/2012
14,18	21,72	6,06	64,7	96,8	37,49	7,51	17/12/2012
10,54	22,87	0,67	63,52	94,4	21,41	9,21	24/12/2012
6,06	14,19	0,74	74,9	91,6	44,84	8,13	31/12/2012
11,13	21,19	1,75	51,84	92,9	15,59	9,53	01/01/2013
10,85	20,11	2,17	55,68	82	21,12	9,73	07/01/2013
11,76	19,45	3,36	53,27	87,5	36,18	7,24	14/01/2013
11,05	19,25	3,64	50,76	89,2	26,21	10,4	21/01/2013
14,15	25,37	2,77	37,09	77,2	10,83	12,76	28/01/2013

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

10,36	20,18	-0,68	40,13	65,36	22,47	12,59	04/02/ 2013
10,33	21,31	2,16	57,98	97,6	26,6	12,36	11/02/ 2013
11,32	20,72	1,95	58,13	95,7	16,8	12,56	18/02/ 2013
7,09	15,53	-2,43	65,5	97,1	25,55	10,83	25/02/ 2013
13,54	23,41	5,33	70,98	97,4	29,38	11,34	04/03/ 2013
10,62	19,59	3,85	56,07	94,9	20,31	15,45	11/03/ 2013
13,29	22,32	3,91	57,6	92,9	19,09	18,75	18/03/ 2013
16,85	24,44	9,64	50,58	93,9	24,5	15,87	25/03/ 2013
12,92	21,2	3,85	52,9	96,5	23,69	18,89	01/04/ 2013
17,53	26,7	7,69	48,98	85,5	15,22	23,16	08/04/ 2013
16,07	26,02	8,43	64,39	98,4	24,29	21,78	15/04/ 2013
13,17	20,77	6,28	78,05	97,2	37,16	13,45	22/04/ 2013
13,25	21,78	4,92	73,38	96,2	31,07	24,19	29/04/ 2013
20,03	29,92	10,04	59,17	96,1	21,98	24,21	06/05/ 2013
16,03	24,83	9,24	57,38	95,2	22,88	21,82	13/05/ 2013
16,32	25,44	9,43	60,22	93,4	20,36	23,37	20/05/ 2013
17,43	25,5	9,58	54,68	96,5	18,14	26,43	27/05/ 2013
19,02	27,37	9,3	54,05	95,2	20,56	27,38	03/06/ 2013
23,39	32,81	14,29	48,03	89,4	16,97	28,91	10/06/ 2013
21,27	30,26	11,74	54,44	96,1	19,95	25,65	17/06/ 2013
20,26	28,64	12,01	62,89	92,6	26,91	27,87	24/06/ 2013
22,84	31,46	13,48	64,08	92,9	25,42	28,48	01/07/ 2013
24,71	32,81	14,97	57,54	93,1	22,85	27,02	08/07/ 2013
24,61	33,86	15,57	53,22	90,7	23,38	27,94	15/07/ 2013

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

25,8	34,13	15,91	58,46	94,4	20,35	26,56	22/07/ 2013
24,77	34,55	14,83	58,05	94,2	14,33	26,92	29/07/ 2013
25,13	38,52	15,71	61,79	93,2	11,42	24,94	05/08/ 2013
24,38	33,66	14,43	64,02	93,5	23,4	24,28	12/08/ 2013
24,61	31,77	16,58	69,53	93,2	28,47	20,68	19/08/ 2013
22,12	30,24	14,23	73,41	96,7	30,5	16,78	26/08/ 2013
21,46	31,01	14,16	73,51	96,6	32,12	18,82	02/09/ 2013
22,02	30,44	14,83	73,76	96,7	35,69	17,37	09/09/ 2013
21,93	30,46	13,62	75,16	96,2	32,73	16,74	16/09/ 2013
21,55	30,33	13,41	68,71	96,1	24,76	15,47	23/09/ 2013
24	33,87	17,72	62,49	88,8	28	13,55	30/09/ 2013
19,4	27,49	11,74	74,91	95,5	31,65	13,46	07/10/ 2013
20,56	32,19	12,01	60,01	98,7	12,91	12,34	14/10/ 2013
19,38	28,37	11,26	70,64	97	31,24	11,13	21/10/ 2013
16,79	28,44	3,78	50,46	90,9	16,1	11,48	28/10/ 2013
18,89	30,85	9,58	49,71	89,8	23,89	9,67	04/11/ 2013
13,1	24,06	3,63	58,27	94,2	18,08	8,56	11/11/ 2013
9,99	17,49	1,96	44,93	81,5	18,08	9,73	18/11/ 2013
6,82	16	-1,83	64,95	93,9	25,94	7,12	25/11/ 2013
7,84	19,37	-2,44	69,18	96,4	22,67	7,76	02/12/ 2013
8,99	16,79	0,67	77,3	96,9	36,91	5,75	09/12/ 2013
9,9	18,15	-0,34	72,58	97	35,93	5,02	16/12/ 2013
10,03	19,73	0,2	61,56	96	31,7	6,7	23/12/ 2013
9,36	16,75	-0,68	41,56	81,5	14,42	7,36	30/12/ 2013

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

14,15	22,93	7,96	55,16	81,1	21,59	6,55	01/01/2014
10,11	20,58	1,35	70,02	97,9	19,23	6,91	06/01/2014
11,09	19,11	3,1	66,57	95,6	36,3	5,2	13/01/2014
12,26	21,46	6,87	50,2	95,3	28,16	7,92	20/01/2014
10,88	18,89	3,98	47,38	82,8	22,35	9,34	27/01/2014
11,66	20,29	-0,88	53,97	95,9	21,13	10,94	03/02/2014
13,61	25,37	5,86	54,11	92,3	24,23	12,14	10/02/2014
11,93	21,38	2,02	55,1	95,8	21,39	14,11	17/02/2014
13,23	23,63	0,74	50,64	94,7	17,66	12,51	24/02/2014
11,93	21,04	0	52,56	93,2	20,3	18,85	03/03/2014
11,37	23,39	0,54	55,53	90,2	17,72	15,64	10/03/2014
13,99	24,93	4,05	56,56	96,1	14,82	19,57	17/03/2014
13,37	25,14	1,89	51,14	89,1	14,07	20,73	24/03/2014
16,12	28,84	5,4	54,48	95,2	20,58	19,28	31/03/2014
17,81	28,1	9,51	54,57	90,4	24,08	22,15	07/04/2014
18,81	30,94	8,97	49,78	92,5	20,7	23,53	14/04/2014
18,85	30,06	11,06	42,53	73,6	12,92	24,51	21/04/2014
17,67	26,62	7,69	52,54	90,7	24,35	27,61	28/04/2014
18,64	30,34	8,84	58,52	94,8	23,26	26,34	05/05/2014
16,9	24,06	6,95	65,19	94,6	14,41	20,76	12/05/2014
18,58	29,18	8,3	53,94	91	13,86	25,48	19/05/2014
18,55	28,71	11,05	65,13	95,8	13,19	20,68	26/05/2014
21,91	32,87	9,98	59,77	93,8	20,42	27,84	02/06/2014
23,8	34,34	15,23	52,1	95,3	15,54	27,89	09/06/2014

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

21,92	32,92	13,89	62,56	91,7	17,92	25,02	16/06/2014
23,53	33,15	14,36	54,84	94,3	20,01	25,06	23/06/2014
24,34	34,81	14,96	54,61	92,9	18,31	28,31	30/06/2014
23,74	33,42	16,31	65,05	92,1	23,59	27,09	07/07/2014
25,91	35,15	16,11	54,61	90,5	14,06	27,52	14/07/2014
25,09	33,53	15,84	55,69	91,5	23,93	27,8	21/07/2014
26,22	36,76	18,33	57,63	93,4	12,09	26,79	28/07/2014
25,69	34,53	17,06	68,12	93,1	26,64	25,71	04/08/2014
25,58	35,94	18,73	66,45	95,6	21,53	22,54	11/08/2014
24,34	31,86	15,7	71,69	94,7	35,42	23,06	18/08/2014
26,23	39,24	16,52	62,92	91,7	12,84	23,25	25/08/2014
25,62	34,61	17,73	70,65	94,5	30,55	22,79	01/09/2014
25,65	36,95	16,45	60,33	93,4	16,62	21,94	08/09/2014
23,9	34,13	14,36	57,9	93,3	19,73	17,07	15/09/2014
19,99	28,5	13,82	77,38	97,4	35,77	11,74	22/09/2014
20,33	28,05	14,22	83,54	98,3	42,13	13,91	29/09/2014
20,53	30,94	13,35	71,68	98,6	26,5	15,71	06/10/2014
19,14	29,83	11,87	67,77	95,5	31,38	15,55	13/10/2014
18,93	32,94	8,36	56,25	94,6	16,16	15,55	20/10/2014
16,81	25,21	8,83	79,54	97,8	36,8	13,39	27/10/2014
14,62	24,22	7,82	62,12	97,9	31,28	9,95	03/11/2014
13,11	23,95	3,17	68,02	97	29,99	9,98	10/11/2014
13,81	21,35	4,18	71,2	96,5	36	9,32	17/11/2014
14,09	22,26	8,14	82,94	97,7	45,57	6,77	24/11/2014

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

10,93	20,13	4,37	63,58	97,2	37,48	9,24	01/12/2014
9,73	19,43	0,67	65,46	97,8	26,96	9,01	08/12/2014
11,23	21,45	3,57	73,58	98,9	39,6	8,36	15/12/2014
8,45	16,69	0,06	76,55	99	36,13	9,01	22/12/2014
7,12	17,15	-1,22	38,63	81	16,4	10,76	29/12/2014
9,38	22,53	-0,41	55	93,8	15,1	10,68	01/01/2015
9,34	23,27	-0,48	66,26	98,5	12,54	10,27	05/01/2015
9,29	21,33	-2,09	61,47	97,3	25,79	9,75	12/01/2015
7,55	16,95	2,49	56,22	98,7	20,45	10,78	19/01/2015
11,23	21,69	-0,89	51,02	91,7	23,57	13,69	26/01/2015
6,79	15,15	-2,5	49,66	90,2	21,75	12,61	02/02/2015
9,54	17,51	-1,08	72,24	96,5	36,36	8,57	09/02/2015
10,69	18,38	1,28	61,89	94,3	25,94	11,89	16/02/2015
13,86	23,68	3,64	45,49	80,8	20,59	15,51	23/02/2015
12,88	29,72	0,14	51,53	99,9	4,06	18,66	02/03/2015
12,2	29,04	0,87	66,2	98,5	8,25	18,05	09/03/2015
11,46	18,44	1,49	79,11	97,2	46,6	10,78	16/03/2015
13,99	27,52	4,51	62,99	98,5	17,39	16,48	23/03/2015
16,73	29,65	7,15	60,51	95,9	16,43	23,04	30/03/2015
13,05	24,27	6,48	63,06	91,9	27,09	15,58	06/04/2015
16,65	26,96	6,62	53,4	87,9	19,7	19,65	13/04/2015
17	27,92	7,43	61,7	95,6	27,93	21,84	20/04/2015
20,07	36,44	10,65	53,04	96,8	15,75	24,74	27/04/2015
21,9	32,69	10,86	45,91	87,5	11,7	26,14	04/05/2015

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

21,65	40,12	9,92	41,18	81	5,68	29,02	11/05/2015
17,13	26,29	7,76	58,4	85,6	26,12	24,09	18/05/2015
19,64	28,1	10,86	58,88	96,5	22,53	26,97	25/05/2015
21,28	29,45	10,86	49,43	95	18,6	30,44	01/06/2015
22,14	31,55	12,88	53,47	91,4	20,69	24,42	08/06/2015
21,62	30,04	13,08	56,41	91,2	26,65	27,6	15/06/2015
25,05	37,15	14,96	46,52	90,3	11,82	29,17	22/06/2015
27,42	36,82	16,92	42,23	91,6	13,25	28,75	29/06/2015
26,95	40,91	17,87	55,02	92,8	8,24	28,22	06/07/2015
26,4	34,67	17,19	58,07	91,2	17,57	27,53	13/07/2015
27,71	36	19,95	63,55	91,1	22,6	25,28	20/07/2015
27,34	41,38	20,95	67,7	92,9	12,09	22,94	27/07/2015
27,56	37,16	19,54	64,06	92,5	29,1	21,33	03/08/2015
26,74	37,37	17,86	61,24	95,5	5,88	22,02	10/08/2015
25,7	35,55	16,38	64,47	88,1	21,69	22,6	17/08/2015
25,1	34,34	16,78	61,96	91,1	23,52	23,48	24/08/2015
23,64	33,35	17,85	76,14	97,3	26,43	15,2	31/08/2015
21,18	31,79	14,29	79,57	98,9	18,56	16,39	07/09/2015
21,79	31,66	12,94	59,28	95,4	23,94	20,23	14/09/2015
21,3	35,42	12,48	66,16	95	12,3	18,47	21/09/2015
19,23	30,19	11,94	74,11	99,5	21,24	15,11	28/09/2015
20,28	33,85	11,2	64,86	96,6	25,43	13,41	05/10/2015
18,16	27,92	9,1	75,13	98,8	26,66	14	12/10/2015
16,56	26,16	7,96	77,05	96,3	21,38	10,36	19/10/2015

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

16,69	24,42	9,77	73,09	99,2	34,86	10,45	26/10/2015
15,52	24,02	8,7	82,61	100	43,17	10,67	02/11/2015
14,41	24,42	6,88	84,07	100	40,87	10,47	09/11/2015
13,87	26,79	4,66	62,9	99,5	29,4	10,57	16/11/2015
11,25	20,51	2,7	57,15	97,5	24,11	9,87	23/11/2015
9,7	20,54	0,06	79,04	98,6	23,69	9,14	30/11/2015
10,76	19,98	4,65	86,54	99,6	45,37	5,68	07/12/2015
12,64	23,58	3,1	61,66	96,3	20,65	8,53	14/12/2015
10,01	17,56	3,77	86,21	100	54,51	7,42	21/12/2015
13,04	21,54	3,92	67,82	98,4	31,48	7,65	28/12/2015
12,77	18,98	6,28	68,59	99,3	37,39	7,57	01/01/2016
14	23,8	7,35	53,54	85,7	21,86	7,49	04/01/2016
10,27	20,27	-1,62	54,74	98,2	17,35	8,52	11/01/2016
11,66	19,59	3,37	64,5	98,1	23,19	9,92	18/01/2016
11,82	22,15	3,7	77,79	99	35,47	8,26	25/01/2016
10,9	20,65	1,96	71,71	100	29,54	10,58	01/02/2016
16,45	24,58	7,33	50,79	77,6	29,68	9,38	08/02/2016
9,45	16,41	-0,14	51,71	91,4	15,17	13,17	15/02/2016
13,04	24,08	5,93	47,78	91,5	14,28	13,1	22/02/2016
13,35	24,15	5,86	39,73	82,6	17,13	17,78	29/02/2016
9,31	17,74	1,08	59,91	94,6	25,13	14,27	07/03/2016
11,53	20,65	3,71	74,11	99,3	17,94	13,55	14/03/2016
14,64	25,76	4,92	55,9	100	16,64	16,48	21/03/2016
14,67	26,03	3,85	52,66	91,9	17,53	22,69	28/03/2016

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

13,55	23,14	5,26	68,59	99,5	22,75	18,06	04/04/ 2016
17,04	25,78	8,23	56,84	94,7	26,87	23,44	11/04/ 2016
16,86	25,78	9,11	57,15	89,8	20,78	20,68	18/04/ 2016
15,06	25,3	6,41	70,76	98,6	18,07	20,64	25/04/ 2016
14,88	24,33	4,92	63,38	97,1	13,19	19,83	02/05/ 2016
17,06	26,57	9,77	59,12	97,2	24,02	20,31	09/05/ 2016
19,03	33,3	10,52	60,5	94	17,1	27,79	16/05/ 2016
20,21	31,95	10,39	57,04	93,5	18,06	27,1	23/05/ 2016
20,36	30,15	11,26	57,13	92,7	19,69	27,51	30/05/ 2016
23,49	32,86	13,08	56,53	90,5	22,11	27,77	06/06/ 2016
23,37	39,13	11,94	44,76	87,6	11,57	27,75	13/06/ 2016
22,04	32,19	12,21	53,71	86,9	18,61	29,11	20/06/ 2016
24,54	33,53	16,52	51,23	87,6	23,19	26,23	27/06/ 2016
25,71	34,14	18,07	49,37	80,1	25,01	25,22	04/07/ 2016
23,51	34,07	13,03	63,66	97	25,14	22,71	11/07/ 2016
24,49	34,05	13,96	64,76	95,5	29,47	25,2	18/07/ 2016
26,45	39	16,45	47,36	82,9	8,99	25,68	25/07/ 2016
25	33,53	16,45	61,71	92,4	28,93	25,64	01/08/ 2016
23,07	31,58	13,49	62,25	93,3	27,51	23,42	08/08/ 2016
25,07	35,82	14,77	69,45	97,5	28,32	19,9	15/08/ 2016
23,82	33,73	15,04	67,06	92,6	26,97	23,86	22/08/ 2016
24,82	36,69	15,91	63,86	94	17,3	21,63	29/08/ 2016
25,19	41,52	16,92	60,05	92,2	11,96	20,68	05/09/ 2016
21,35	31,73	11,87	55,29	92,6	16,97	18,91	12/09/ 2016

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

21	28,77	13,28	70,73	94,1	32,12	17,06	19/09/2016
20,55	30,26	12,75	71,44	95,3	30,77	14,98	26/09/2016
20,45	29,52	12,01	75,19	94,7	32,94	15,18	03/10/2016
18,46	31,18	9,11	69,09	97,1	13,99	12,64	10/10/2016
18,46	27,83	12,74	86,24	100	39,44	8,83	17/10/2016
18,76	29,13	7,36	78,35	100	22,46	11,02	24/10/2016
17,28	28,78	9,58	65,18	99,4	20,22	10,35	31/10/2016
13,48	22,87	6,14	52,62	91,2	23,84	11,55	07/11/2016
13,15	24,42	3,91	62,61	97,3	29,38	10,06	14/11/2016
11,61	20,87	3,03	80,09	100	36,45	6,04	21/11/2016
11,85	19,71	4,99	86,7	100	49,82	5,51	28/11/2016
12,66	19,53	5,53	87,06	100	47,61	6,95	05/12/2016
10,34	18,24	3,64	84,31	100	44,69	4,67	12/12/2016
9,77	18,64	2,9	73,68	99,4	37,31	8,37	19/12/2016
9,65	19,3	2,57	79,15	99,1	28,3	7,82	26/12/2016
8,03	16,02	3,24	81,2	98	47,08	8,53	01/01/2017
9,21	18,51	-0,14	73,62	99,7	27,55	8,82	02/01/2017
9,79	20,99	-0,14	56,73	96,7	24,4	9,15	09/01/2017
7,42	16,5	-4,4	69,54	97,6	34,28	5,16	16/01/2017
9,66	16,91	2,56	62,67	96,6	30,27	9,02	23/01/2017
12,14	21,19	2,77	67,12	98,7	27,51	9,31	30/01/2017
11,64	19,45	1,01	53,65	94	20,12	11,04	06/02/2017
11,21	19,91	2,43	74,93	98,3	31,62	12,22	13/02/2017
11,71	20,81	2,9	74,37	100	32,91	11,86	20/02/2017

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

12,39	22,73	4,25	65,92	100	31,14	14,03	27/02/2017
17,56	32,22	7,7	52,47	96,6	8,32	17,78	06/03/2017
11,87	21,79	3,58	70,26	99,2	25,79	17,16	13/03/2017
12,99	22,74	3,71	57,72	95,1	20,11	19,27	20/03/2017
14,38	23,61	5,2	59,25	96,4	17,19	21,78	27/03/2017
12,86	21,13	4,6	67,1	95,7	31,48	22,27	03/04/2017
16,65	26,98	5,07	63,67	95,2	24,13	22,41	10/04/2017
14,18	24,96	3,99	63,76	95,4	32,55	22,26	17/04/2017
14,84	26,22	8,17	73,09	97,6	29,78	14,92	24/04/2017
16,97	27,44	6,75	62,85	97,7	20,84	27,15	01/05/2017
20,14	29,11	9,65	48,89	92,5	18,47	24,51	08/05/2017
18,82	27,77	9,58	56,79	90,6	21,64	25,28	15/05/2017
21,09	29,72	12,08	48,4	87,3	20,5	27,85	22/05/2017
21,1	29,65	13,23	64,59	94,5	25,63	23,85	29/05/2017
21,95	33,94	13,03	61,9	92,7	14,4	28,53	05/06/2017
25,39	34,02	14,37	47,94	82,2	17,11	28,78	12/06/2017
25,41	34,56	16,99	51,71	92,7	19,47	29,25	19/06/2017
23,89	33,91	12,28	50,48	95,1	10,75	27,41	26/06/2017
24,52	37,24	13,64	58,38	100	19,53	26,32	03/07/2017
25,85	33,74	16,92	61,18	100	26,1	26,63	10/07/2017
25,64	32,54	15,99	61,59	93	15,24	25,69	17/07/2017
25,94	35,96	17,26	60,97	92,6	24,53	26,36	24/07/2017
27,61	37,24	17,13	61,59	91,9	30,07	22,36	31/07/2017
23,93	37,61	14,91	68,15	96,5	11,15	23,06	07/08/2017

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

25,41	33,27	16,73	69,88	95,1	34,95	23,73	14/08/2017
24,36	32,33	14,24	68,08	91,5	24,4	22,39	21/08/2017
22,24	29,11	16,92	78,67	96,6	42,87	13,71	28/08/2017
23,12	30,43	16,11	67,07	96,4	12,92	20,22	04/09/2017
21,85	35,04	13,76	62,19	96,3	16,83	20,25	11/09/2017
20,05	30,33	12,88	73,16	96,8	14,88	19,25	18/09/2017
20,42	33,82	13,22	73,49	95,3	18,52	16,07	25/09/2017
19,36	27,24	12,35	76,94	95,6	37,61	16,66	02/10/2017
18,93	28,04	11,67	76,05	96,5	26,44	16,86	09/10/2017
18,23	26,83	12,01	69,4	94,6	32,13	13,77	16/10/2017
16,27	28,3	8,03	73,59	97,5	20,83	13,69	23/10/2017
15,92	23,41	9,1	74,09	96,9	27,61	11,71	30/10/2017
13	23,41	3,36	47,28	83,9	16,99	13,45	06/11/2017
10,17	19,98	1,42	65,13	96,2	16,32	12,44	13/11/2017
11,87	24,63	2,49	61,21	96,3	19,03	9,91	20/11/2017
9,11	18,78	1,82	60,63	97,4	21,28	8,71	27/11/2017
9,07	19,45	-3,59	62,03	96,4	24,22	9,95	04/12/2017
10,31	18,03	-0,61	54,45	85,3	25,4	8,49	11/12/2017
9,39	18,57	-1,69	67,09	97,3	26,82	8,89	18/12/2017
13,08	20,13	0,67	58,12	96,6	35,03	8	25/12/2017
12,22	20,11	2,43	60,04	92,7	12,19	9,52	01/01/2018
8,51	15,69	-0,68	60,41	96,7	32,58	9,54	08/01/2018
12,2	22,01	2,63	57,45	94,4	21	10,43	15/01/2018
11,21	23,48	2,23	62,81	95,7	24,84	10,24	22/01/2018

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

8,18	17,09	2,97	71,34	96,3	33,46	8,93	29/01/2018
7,28	18,37	0,13	59,7	96,6	26,56	12,14	05/02/2018
11,8	21,11	2,97	65,12	96,6	23,43	12,26	12/02/2018
9,09	20,18	-1,35	59,39	97,6	13	15,45	19/02/2018
11,38	19,25	6,07	74,27	97,8	18,85	8,62	26/02/2018
13,61	23,68	7,15	60,08	95,9	21,87	16,28	05/03/2018
13,05	20,38	6,68	53,04	84,6	25,73	14,56	12/03/2018
10,14	19,48	2,69	46,98	92,9	14,5	17,14	19/03/2018
14,59	27,38	5,67	43,33	75,2	16,57	21,05	26/03/2018
14,8	22,66	6,07	55,76	90,1	20,84	19,68	02/04/2018
13,44	24,63	5,94	53,63	86,7	19,77	19,4	09/04/2018
16,21	23,54	8,17	58	89,5	25,31	24,07	16/04/2018
18,47	27,66	9,79	54,21	94,8	14,5	20,61	23/04/2018
15,42	24,29	6,48	56,04	91	19,56	22,1	30/04/2018
17,47	25,37	9,44	69,89	97	13,87	22,04	07/05/2018
16,24	23,41	8,77	61,34	91,9	24,5	26,57	14/05/2018
19,74	27,58	10,31	59,08	92,4	21,58	25,22	21/05/2018
19,68	26,9	12,28	62,19	94,9	24,62	24,04	28/05/2018
20,22	28,64	13,41	59,96	90,2	27,59	19,8	04/06/2018
21,96	29,66	14,02	55,02	92,4	22,64	28,04	11/06/2018
23	31,46	14,16	57,87	92,9	26,16	29,03	18/06/2018
23,89	31,55	16,51	64,63	96,8	24,34	25,94	25/06/2018
25,22	34,16	16,85	52,41	94	16,97	27,7	02/07/2018
25,81	35,55	16,31	60,67	91,4	15,51	26,7	09/07/2018

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

25,31	35,24	17,19	59,56	92,5	14,6	25,65	16/07/ 2018
25,53	35,89	16,52	62,74	94,7	21,36	27,04	23/07/ 2018
27,06	35,15	16,72	56,48	97,3	16,04	26	30/07/ 2018
26,81	35,89	19,47	66,42	93,3	27,84	22,04	06/08/ 2018
24,26	33,96	14,6	76,14	98,1	37,99	19,21	13/08/ 2018
24,64	32,54	16,24	64,06	95,5	26,57	23,46	20/08/ 2018
24,73	32,67	16,79	71,42	93,6	32,85	21,73	27/08/ 2018
23,73	31,28	16,39	72,94	94,8	26,31	17,27	03/09/ 2018
22,69	29,86	16,78	76,61	96,8	43,14	15,74	10/09/ 2018
23,13	32,27	16,45	76,39	98,9	25,42	18,41	17/09/ 2018
21,13	31,52	10,99	72,33	96,6	31,59	16,5	24/09/ 2018
18,63	27,58	10,59	71	97,2	22,66	17,25	01/10/ 2018
17,94	27,56	11,26	77,85	97,8	40,62	12,72	08/10/ 2018
17,51	24,24	9,51	71,01	96,3	27,08	10,93	15/10/ 2018
16,41	27,86	7,89	70,3	97,4	21,65	11,92	22/10/ 2018
11,59	22,28	4,32	63,44	97,4	26,77	10,78	29/10/ 2018
13,26	22,53	5,06	68,33	98,3	36,22	10,52	05/11/ 2018
14,22	21,6	7,42	84,3	99,3	47,95	6,87	12/11/ 2018
11,77	20,61	4,12	76,23	95,9	37,66	5,32	19/11/ 2018
13,2	21,67	1,15	48,68	89	13,97	9,84	26/11/ 2018
15,01	24,96	4,99	57,28	97,4	20,06	10,3	03/12/ 2018
12,45	20,52	3,51	62,42	97,3	29,31	8,56	10/12/ 2018
10,61	20,18	1,08	68,47	97,4	28,17	9,31	17/12/ 2018
8,69	22,08	1,28	81,64	98	26,28	7,44	24/12/ 2018

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

7,51	19,19	0,88	58,84	92	16,66	10,39	31/12/2018
8,22	20,92	-0,82	62,77	99,5	18,28	9,48	01/01/2019
7,38	19,18	-2,97	52,52	97,9	20,87	10,37	07/01/2019
9,47	20,39	0,47	63,99	97,1	28,77	9,39	14/01/2019
11,67	19,77	2,22	49,46	86,3	29,36	9,56	21/01/2019
11,84	20,93	5,14	46,56	89,6	21,07	10,21	28/01/2019
11,43	22,14	2,3	54,3	93,7	18,01	13,38	04/02/2019
9,54	17,29	0,13	70,64	97,4	12,6	14,17	11/02/2019
10,27	24,42	0,54	64,31	96,6	12,86	15,94	18/02/2019
12,71	24,76	1,83	49,52	95,2	12,99	16,94	25/02/2019
14,13	26,09	4,19	53,24	97	14,41	15,13	04/03/2019
14,58	27,51	4,19	47,7	86,6	12,45	19,42	11/03/2019
11,24	19,58	3,24	58,88	86,7	28,11	12,82	18/03/2019
10,86	21,38	1,96	61,56	97,4	19,71	18,28	25/03/2019
13,11	23,75	6	66,88	98,3	23,3	16,32	01/04/2019
15,08	28,98	7,9	48,53	77,9	14,68	21,5	08/04/2019
14,48	22,8	9,85	73,41	98,6	32,75	11,19	15/04/2019
14,76	22,54	7,42	62,95	96,3	23,75	19,48	22/04/2019
15,5	23,14	8,84	65,41	95,4	28,09	24,13	29/04/2019
20,11	30,8	8,57	62,8	97,3	27,12	23,63	06/05/2019
17,34	27,85	8,9	59,78	93,7	24,63	23,52	13/05/2019
17,97	27,37	9,51	62,17	95,9	23,61	20,56	20/05/2019
18,34	27,17	8,84	59,41	94,8	21,17	27,58	27/05/2019
20,57	28,71	10,65	54,44	93,4	15,56	26,57	03/06/2019

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

20,47	29,65	10,72	56,71	91,8	19,42	24,85	10/06/ 2019
22	32,55	11,2	59,82	92,3	22,45	27,71	17/06/ 2019
25,21	35,16	14,7	54,42	94,1	17,64	27,41	24/06/ 2019
26,02	36,3	16,05	60,11	91,3	23,47	23,99	01/07/ 2019
25,99	36,3	16,25	52,71	93,2	18,39	24,23	08/07/ 2019
25,54	36,17	16,59	57,29	94,8	18,79	25,84	15/07/ 2019
26,72	35,57	17,12	42,47	87,2	14,26	25,69	22/07/ 2019
25,03	33,59	17,46	66,44	90,7	32,79	22,71	29/07/ 2019
28,13	41,87	18,28	55,82	92,3	9,26	24,6	05/08/ 2019
25,27	34,67	16,33	60,88	95,5	19,43	25,85	12/08/ 2019
23,66	31,25	16,12	74,79	98,5	33,68	24,05	19/08/ 2019
23,45	32,26	16,25	73,95	98,5	35,69	20,44	26/08/ 2019
22,87	29,57	15,24	76,1	96,6	49,22	18,48	02/09/ 2019
20,8	28,77	14,01	73,69	99,2	16,43	12,54	09/09/ 2019
22,53	31,12	16,12	80,7	99,4	36,24	16,79	16/09/ 2019
21,95	34,16	13,09	72,6	98,2	22,58	18,94	23/09/ 2019
21,01	33,68	12,21	66,62	100	20,01	18,57	30/09/ 2019
20,43	28,32	13,36	76,88	97,9	29,77	15,68	07/10/ 2019
17,64	27,24	8,03	64,57	99,2	20,36	13,7	14/10/ 2019
14,47	23,34	8,77	75,15	99,6	41,28	9,87	21/10/ 2019
19,65	26,9	8,7	62,67	99,7	35,28	13,08	28/10/ 2019
14,7	25,03	7,51	49,26	88,3	26,49	13,7	04/11/ 2019
11,74	21,59	5,06	54,27	98,8	29,02	10,96	11/11/ 2019
10,49	16,15	2,68	70,27	99,6	38,59	9,72	18/11/ 2019

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

15,18	21,43	8,39	64,96	96,2	43	10,9	25/11/ 2019
11,16	18,59	4,73	80,75	99,2	41,72	7,33	02/12/ 2019
13,61	20,36	6,02	53,01	94,7	23,15	9,06	09/12/ 2019
13,08	24,03	4,52	70,17	98,3	31,33	7,14	16/12/ 2019
11,94	23,14	0,57	67,83	100	28,12	10,33	23/12/ 2019
7,56	15,87	1,8	86,25	99,7	50,07	6,17	30/12/ 2019
7,23	17,22	-0,45	83,36	99,3	43,43	10,03	01/01/ 2020
7,7	16,27	-0,79	76,07	98,5	31,15	10,66	06/01/ 2020
10,12	19,46	-1,4	60,82	97,8	27,45	9,95	13/01/ 2020
9,2	16,26	2,68	82,74	99,3	44,18	7,44	20/01/ 2020
15,26	22,59	6,29	60,73	84,1	37,2	12,02	27/01/ 2020
12,6	26,12	3,84	71,89	99,4	23,06	11,52	03/02/ 2020
13,86	24,96	4,99	71,68	99	36,1	14,73	10/02/ 2020
11,65	23,87	2,28	77,88	99,4	27,58	13,58	17/02/ 2020
15,93	25,71	2,41	43,98	85,1	17,06	17,11	24/02/ 2020
15,58	24,62	5,21	44	77,6	15,69	17,37	02/03/ 2020
15,45	27,95	6,5	57,83	97	25,31	19,62	09/03/ 2020
11,9	19,04	6,29	82,16	99,2	46,76	10,48	16/03/ 2020
10,89	20,75	4,6	77,9	99,5	30,8	12,89	23/03/ 2020
12,26	20,27	5,68	77,93	98,6	42,95	17,29	30/03/ 2020
13,71	20,48	6,16	63,04	97,1	24,03	21,41	06/04/ 2020
15,54	21,3	9,76	84,04	99,4	58,5	14,9	13/04/ 2020
15,53	23,06	9,15	68,07	96,9	36,31	20,3	20/04/ 2020
20,04	32,5	10,85	54,08	97,8	24,21	26,92	27/04/ 2020

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

20,12	29,85	11,88	59,73	92,5	23,41	25,05	04/05/ 2020
17,27	27,42	11,12	66,87	97,4	26,54	18,8	11/05/ 2020
21,28	30,67	11,81	60,93	95,5	25,92	30,66	18/05/ 2020
19,72	27,48	10,31	56,72	91,3	19,79	28,37	25/05/ 2020
22,63	31,76	11,25	53,52	98,9	24,28	28,33	01/06/ 2020
20,36	28,76	12,52	61,92	97,2	21,84	26,94	08/06/ 2020
22,12	29,44	13,84	66,2	95,9	25,18	29,86	15/06/ 2020
23,62	32,43	15,62	61,07	94,5	24,01	30,45	22/06/ 2020
25,02	34,05	16,03	62,98	97,6	27,15	29,74	29/06/ 2020
25,25	34,33	15,48	56,5	92,5	13,17	28,86	06/07/ 2020
24	32,01	16,02	65,4	92,8	30,7	28,28	13/07/ 2020
25,57	33,17	17,1	58,15	94,5	22,24	29,55	20/07/ 2020
27,71	36,63	18,67	58,66	96,2	14,61	27,45	27/07/ 2020
25,59	34,94	17,86	65,97	97	17,05	26,12	03/08/ 2020
26,41	35,28	17,38	56,1	91,3	15	26	10/08/ 2020
26,43	35,15	16,91	58,94	96,8	14,39	24,87	17/08/ 2020
25,13	35,35	15,41	63,61	95,4	19,57	23,48	24/08/ 2020
21,63	29,03	12,49	72,77	97,8	38,42	20,88	31/08/ 2020
21,89	31,07	13,91	65,23	95,9	30,35	20,7	07/09/ 2020
22,81	30,87	15,21	69,24	100	29,81	17,39	14/09/ 2020
22,38	32,9	12,08	49,1	92,5	15,9	18,77	21/09/ 2020
18,82	32,62	9,76	56,83	96,6	17,25	17,41	28/09/ 2020
19,07	31,56	10,44	64,64	98,2	20,32	16,7	05/10/ 2020
15,51	27,82	4,53	55,06	95,5	15,49	16,89	12/10/ 2020

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

17,55	27	7,32	67,78	98,3	24,16	12,63	19/10/ 2020
15,5	25,57	7,04	62,81	97,7	26,55	14,3	26/10/ 2020
16,62	26,26	7,79	73,7	99,9	32,41	9,94	02/11/ 2020
14,5	25,44	6,29	82,6	100	36,98	10,52	09/11/ 2020
13,75	25,23	3,09	81,64	99,9	30,32	10,5	16/11/ 2020
11,45	19,68	2,07	80,66	99,7	47,3	8,38	23/11/ 2020
9,76	20,27	-0,92	61,85	99,9	21,11	9,88	30/11/ 2020
14,24	24,91	6,84	54,54	85,9	33,4	8,41	07/12/ 2020
10,91	20,34	3,3	76,46	98,1	34,54	8,32	14/12/ 2020
10,18	20,09	0,44	60,8	99	18,51	9,71	21/12/ 2020
9,18	15,19	4,53	47,76	80,2	22,7	8,88	28/12/ 2020
6,95	11,45	2,82	49,94	76,5	32,53	10,19	01/01/ 2021
5,69	12,07	-2,29	75,94	99,1	26,84	5,76	04/01/ 2021
8,46	20,41	-0,51	49,23	97,6	15,7	11,03	11/01/ 2021
10,81	19	0,57	67,37	100	27,68	10,32	18/01/ 2021
17,55	28,35	11,25	53,86	89,1	18,02	9,7	25/01/ 2021
14,61	23,67	6,09	59,34	97,1	31,13	11,56	01/02/ 2021
14,29	23,81	5,01	55,15	98,2	22,05	11,66	08/02/ 2021
10,81	20,07	2,75	82,63	100	41,16	11,78	15/02/ 2021
11,51	17,43	3,24	72,63	96,5	37,83	12,15	22/02/ 2021
11,78	17,64	4,19	78,43	99	49,92	8,68	01/03/ 2021
13,01	24,35	4,32	67,06	97,7	23	16,44	08/03/ 2021
9,79	21,3	3,3	71,29	96,6	25,95	16,52	15/03/ 2021

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

ANEXO 3: BALANCES DE ENERGÍA.

Para verano se utiliza una temperatura exterior de 34°C, para invierno una de 10.7°C, para el cálculo de los balances de energía se ha supuesto siempre una temperatura interior de 25°C. también se ha calculado la conductividad térmica de la viga canalón de medio metro de ancho y cómo influye la mejora a esta.

1. VIGA CANALÓN.

	Sin poliestireno	Rellenando parte inferior +2cm T
Resistividad patin	0,25	0,25
Resistividad alma	0,06	0,06
Resistividad poliestireno parte patin		0,54
Resistividad poliestireno parte alma		5,94
Resistividad final patin	0,25	0,79
Resistividad final alma	0,06	6,00
Conductividad final media	12,36	0,54

Tabla 19: Transmitancia térmica de la viga canalón

2. VERANO.

Combinación 1. Punto de partida.

Debido a renovación del aire	Tint(°C)	Text(°C)	Cpaire (j/kgk)	Caudal másico kg/s	Calor (W)
	25,00	34,00	1.007,00	132,25	1.198.556,40
Radiación aberturas	F	Radiación (W/m²)		Superficie (m²)	
	1,00	700,00		389,62	272.739,60
Transmisión cerramientos	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	4,37	4.588,95	180.689,99
Transmisión cubierta	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	15,00	5.753,54	776.728,16
A causa de las maquinas + agua					
					452.350,00
A causa de las personas	Cantidad	Energía por persona(W)			
	21,00	50,00			1.050,00

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Transmisión del hueco/ventana	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	-	389,62	-
Puente térmico (viga canalón)	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	12,36	279,68	31.112,15
					2.882.114,20

Tabla 20: Balance de energía de la solución inicial en verano.

Combinación 2. Propuesta final.

Debido a renovación del aire	Tint(°C)	Text(°C)	Cpaire (j/kgk)	Caudal másico kg/s	Calor (W)
	25,00	34,00	1007,00	71,07	644.102,30
Radiación aberturas	F	Radiación (W/m²)		Superficie (m²)	
	0,48	700,00		389,62	131.201,20
Transmisión cerramientos	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,55	4.588,95	22.715,31
Transmisión cubierta	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,57	5.473,85	28.080,89
A causa de las maquinas + agua					
					452.350,00
A causa de las personas	Cantidad	Energía por persona (W)			
	21	50,00			1.050,00
Transmisión del hueco/ventana	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,98	389,62	3.440,73
Puente térmico (viga canalón)	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,54	279,68	1.359,21
					1.282.940,50

Tabla 21: Balance de energía de la segunda combinación en verano.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Combinación 3. No realizada finalmente

Debido a renovación del aire	Tint(°C)	Text(°C)	Cpaire(j/kgk)	Caudal másico kg/s	Calor (W)
	25,00	34,00	1.007,00	71,07	644.102,38
Radiación aberturas	F	Radiación (W/m²)		Superficie (m²)	
	0,48	700,00		389,63	131.201,28
Transmisión cerramientos	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,42	4.588,95	17.139,74
Transmisión cubierta	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,46	5.473,86	22.661,77
A causa de las maquinas + agua					
					452.350,00
A causa de las personas	Cantidad	Energía por persona(W)			
	21,00	50,00			1.050,00
Transmisión del hueco/ventana	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,98	389,63	3.440,73
Puente térmico (viga canalón)	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	34,00	0,54	279,69	1.359,21
					1.271.945,88

Tabla 22: Balance de energía de la tercera combinación en verano.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

3. INVIERNO.

Combinación 1. Inicial

Debido a renovación del aire	Tint(°C)	Text(°C)	Cpaire (j/kgk)	Caudal másico kg/s	Calor (W)
	25,00	10,70	1.007,00	132,25	-1.904.373,08
Radiación aberturas	F	Radiación (W/m²)		Superficie (m²)	
	1,00	200,00		389,63	77.925,60
Transmisión cerramientos	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	10,70	4,00	4.588,95	-262.488,05
Transmisión cubierta	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	10,70	15,00	5.753,54	-1.234.134,74
A causa de las maquinas + agua					
					452.350,00
A causa de las personas	Cantidad	Energía por persona (W)			
	21,00	50,00			1.050,00
Transmisión del hueco/ventana	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	10,70	-	389,63	
Puente térmico (viga canalón)	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	10,70	12,36	279,69	-49.433,76
					-2.869.670,28

Tabla 23: Balance de energía de la solución inicial en invierno.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Combinación 2. Realizada finalmente.

Debido a renovación del aire	Tint(°C)	Text(°C)	Cpaire (j/kgk)	Caudal másico kg/s	Calor (W)
	25,00	10,70	1.007,00	71,07	-1.023.407,11
Radiación aberturas	F	Radiación (W/m²)		Superficie (m²)	
	0,48	200,00		389,62	37.486,08
Transmisión cerramientos	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	10,70	0,55	4.588,95	-36.092,11
Transmisión cubierta	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	10,70	0,57	5.473,85	-44.617,41
A causa de las maquinas + agua					
					452.350,00
A causa de las personas	Cantidad	Energía por persona(W)			
	21	50,00			1.050,00
Transmisión del hueco/ventana	Tint (°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	10,70	0,98	389,62	-5.466,93
Puente térmico (viga canalón)	Tint (°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m²k)	Superficie (m²)	
	25,00	10,70	0,54	279,68	-2.159,63
					-618.697,48

Tabla 24: Balance de energía de la segunda combinación en invierno.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

Combinación 3, no realizada finalmente.

Debido a renovación del aire	Tint(°C)	Text(°C)	Cpaire (j/kgk)	Caudal másico kg/s	Calor (W)
	25,00	10,70	1.007,00	71,07	-1.023.407,11
Radiación aberturas	F	Radiación		Superficie (m^2)	
	0,48	200,00		389,63	37.486,08
Transmisión cerramientos	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m^2k)	Superficie (m^2)	
	25,00	10,70	0,42	4.588,95	-27.233,14
Transmisión cubierta	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m^2k)	Superficie (m^2)	
	25,00	10,70	0,46	5.473,86	-36.007,03
A causa de las maquinas + agua					
					452.350,00
A causa de las personas	Cantidad	Energía por persona(W)			
	21,00	50,00			1.050,00
Transmisión del hueco/ventana	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m^2k)	Superficie (m^2)	
	25,00	10,70	0,98	389,63	5.466,93
Puente térmico (viga canalón)	Tint(°C)	Text(°C)	Transmisión térmica (W/m^2k)	Superficie (m^2)	
	25,00	10,70	0,54	279,69	- 2.159,63
					-601.228,13

Tabla 25: Balance de energía de la tercera combinación en invierno.

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

ANEXO 4: ENERGÍA

1. DEMANDA ENERGÉTICA.

Primero se ha calculado la energía que se está consumiendo a causa de las máquinas lo cual se refleja en la siguiente tabla.

Nave 3	Cantidad	Potencia unitaria (kw)	% utilización en la jornada	Colaboración potencia media (Kw)
PLANTA HORMIGON	1			
Alimentadores áridos	6	1,50	600%	9,00
Cinta pesadora	1	7,40	100%	7,40
Cinta reversible	1	2,30	100%	2,30
Sinfin	4	7,40	400%	29,60
Mezcladora	2	55,20	200%	110,40
SKIP ELEVADOR ARIDOS	2	11,10	200%	22,20
MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN	1			
Maquina conformadora de piezas	1	40,00	100%	40,00
Sierra de disco	1	60,00	100%	60,00
Maquina multifunción	1	15,00	100%	15,00
Vagoneta de reparto	1	30,00	100%	30,00
Semipórtico	2	13,00	69%	8,97
Motores moldes	12	1,70	400%	6,80
Central de producción aire comprimido	1	50,00	100%	50,00
PUENTE GRUA BIRAIL 10T	2	20,90	47%	9,73
PUENTE GRUA BIRAIL 6.3T+6.3T	1	38,20	47%	17,80
				419,21

Tabla 26: Demanda energética media.

A esto hay que añadirle 22 extractores que estarán consumiendo una potencia de 0.7Kw cada uno, lo cual hace un total de 434.61Kw, que funcionando 15h al día y teniendo en cuenta 229 días laborables hace un total de 1492MWh de consumo anual

Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

2. SISTEMA FOTOVOLTAICO.

2.1. Distancia Entre Filas De Paneles Fotovoltaicos.

Se pueden tener en cuenta dos orientaciones, las cuales ambas se han calculado como se muestra en las siguientes tablas. Teniendo en cuenta la Distancia entre filas de paneles. La cantidad de filas posibles ha sido calculada teniendo en cuenta la distancia disponible en la cubierta la cual es de 9.37 metros.

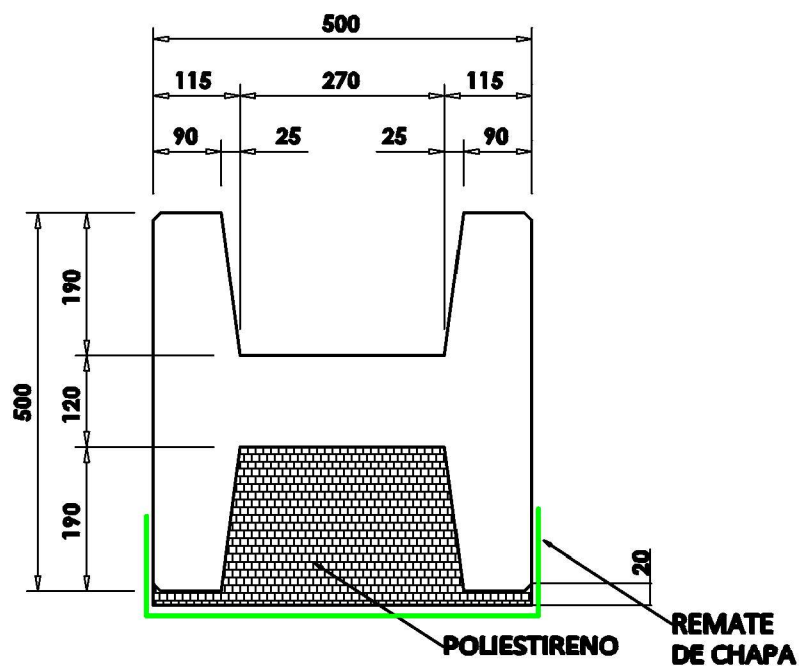
Longitud modulo	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094
Angulo β	35º	30º	25º	20º	16º	10º	6º
Altura solar γ	27º	27º	27º	27º	27º	27º	27º
Inclinación cubierta α	6º	6º	6º	6º	6º	6º	6º
Distancia	3,400	3,220	3,030	2,810	2,620	2,310	2,094
Filas posibles	3	3	3	4	4	4	5

Tabla 27: Distancia entre filas si fueran puestas en vertical.

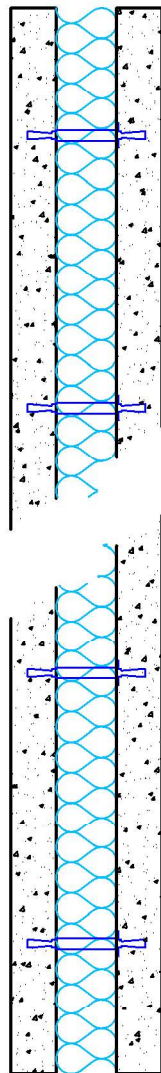
Longitud modulo	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038	1,038
Angulo β	35º	30º	25º	20º	16º	10º	6º
Altura solar γ	27º	27º	27º	27º	27º	27º	27º
Inclinación cubierta α	6º	6º	6º	6º	6º	6º	6º
Distancia	1,690	1,600	1,500	1,400	1,270	1,140	1,038
Filas posibles	6	6	7	7	8	9	10

Tabla 28: Distancia entre filas si fueran puestas en horizontal.

Detalle de la viga canalón



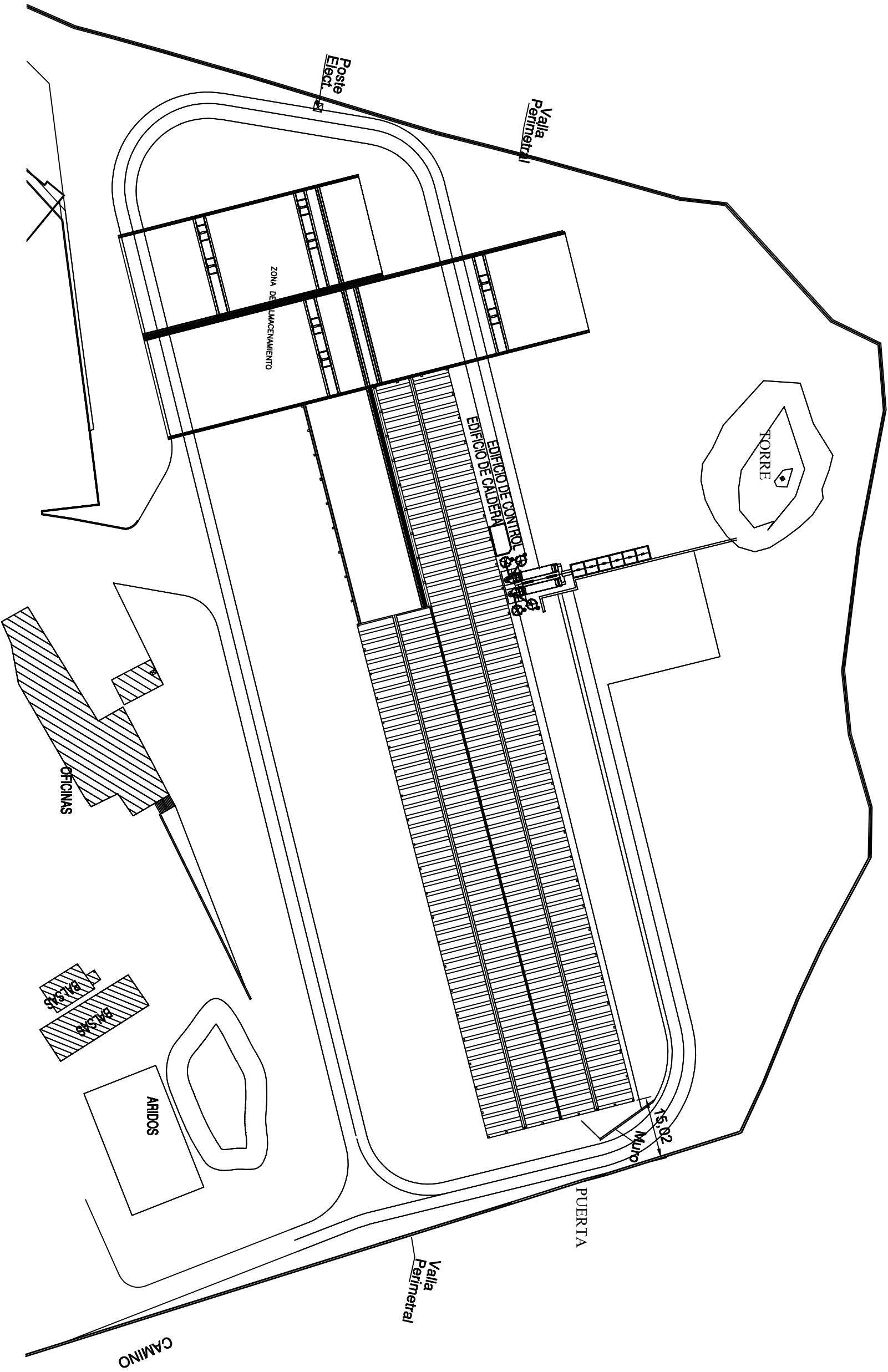
Detalle del panel Sandwich

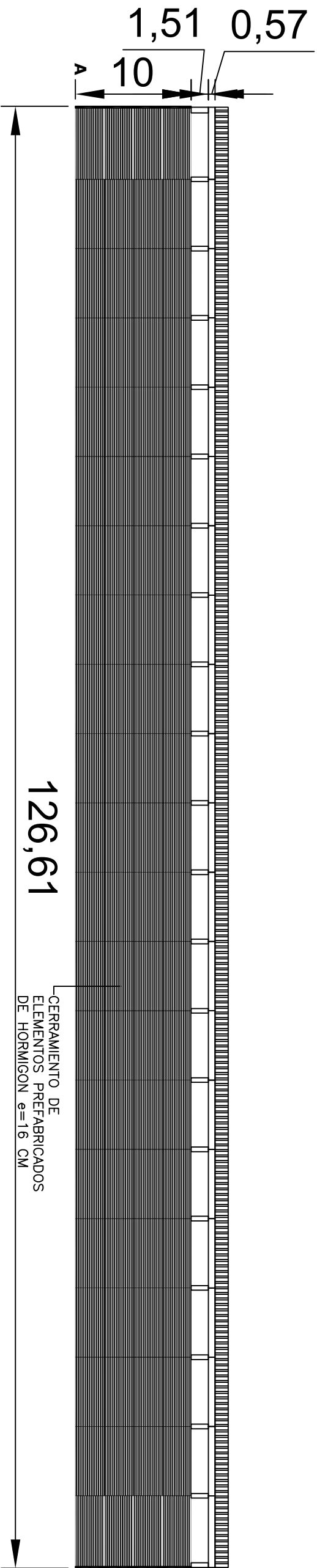
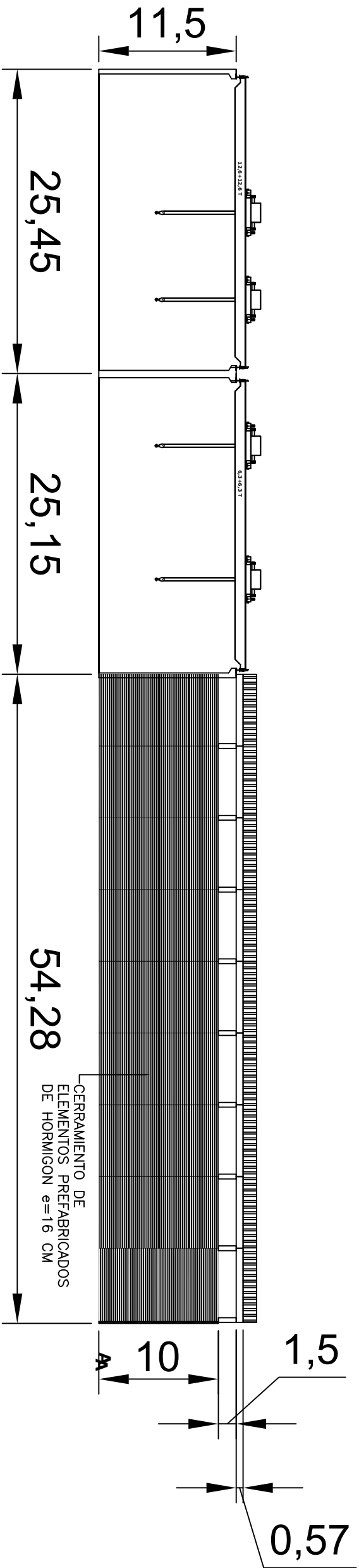


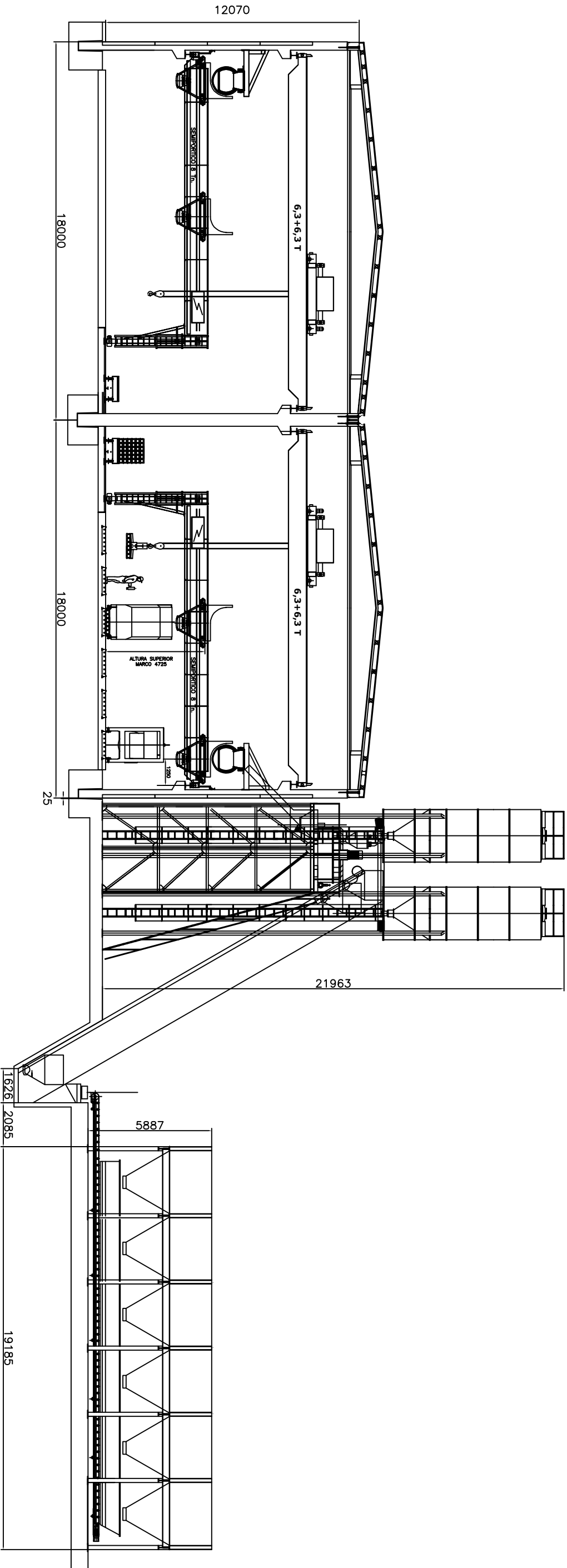
**CONECTORES THERMOMASS TIPO:
TMSW MS 25/80 (38-80-38)
PARA 80mm DE AISLANTE**

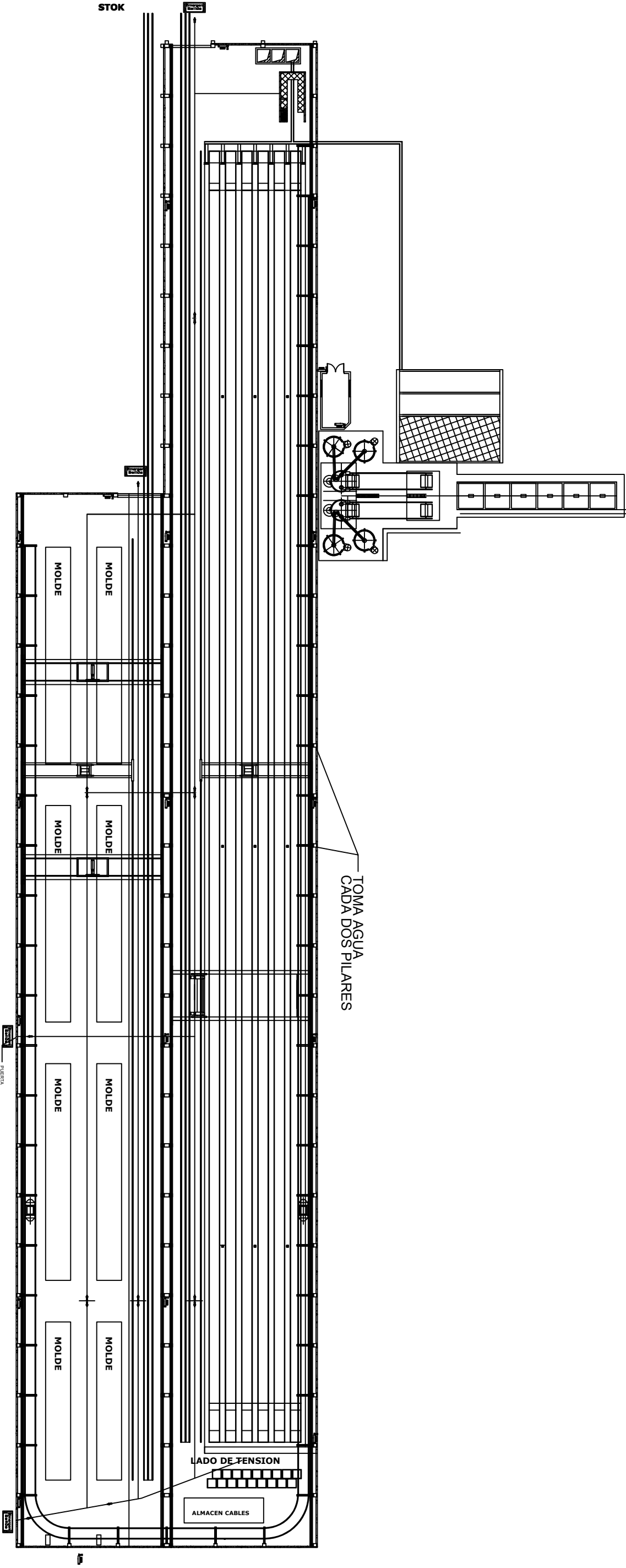


**PANEL SANDWICH DE 20 CM DE
ESPESOR , 6 DE HORMIGÓN , 8
DE POLIESTIRENO EXPANDIDO
DE 40KG/M3 Y OTROS 6 DE
HORMIGÓN.**





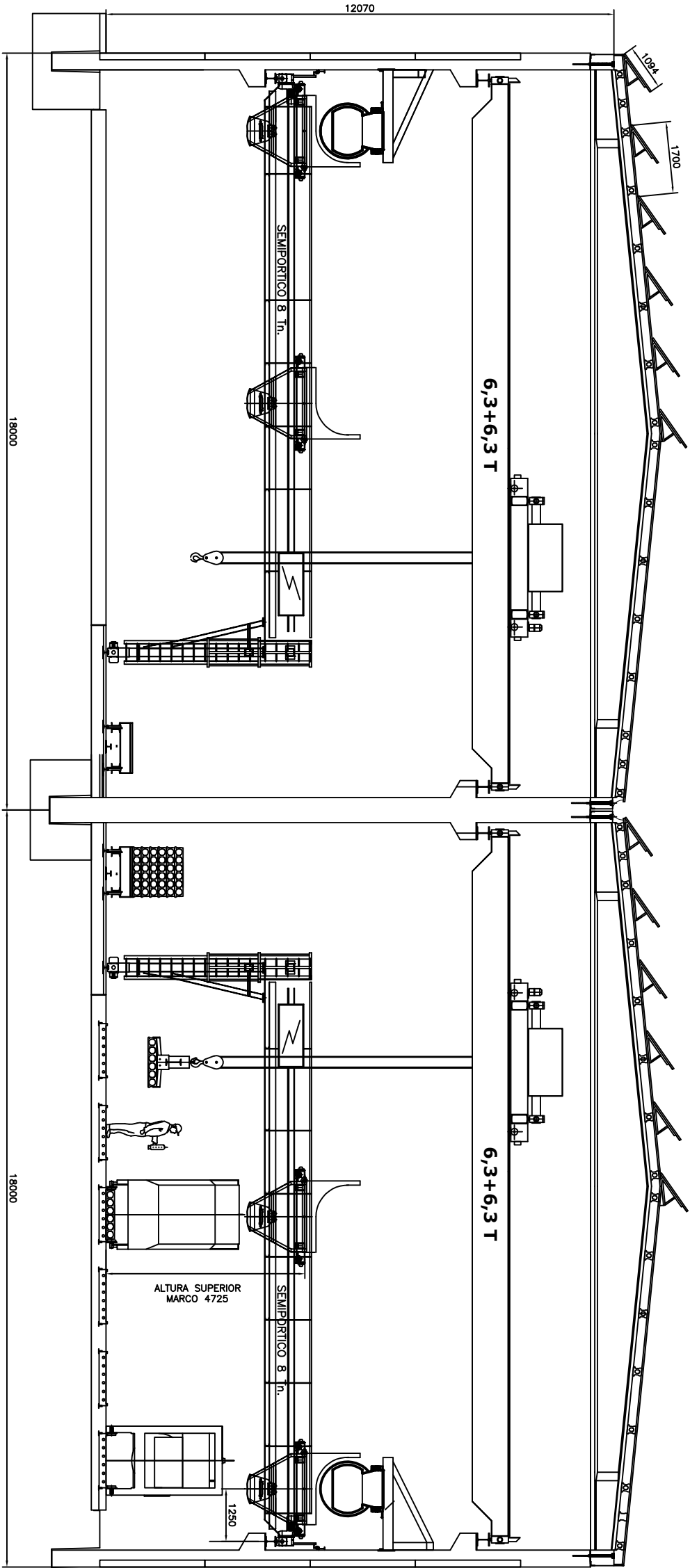





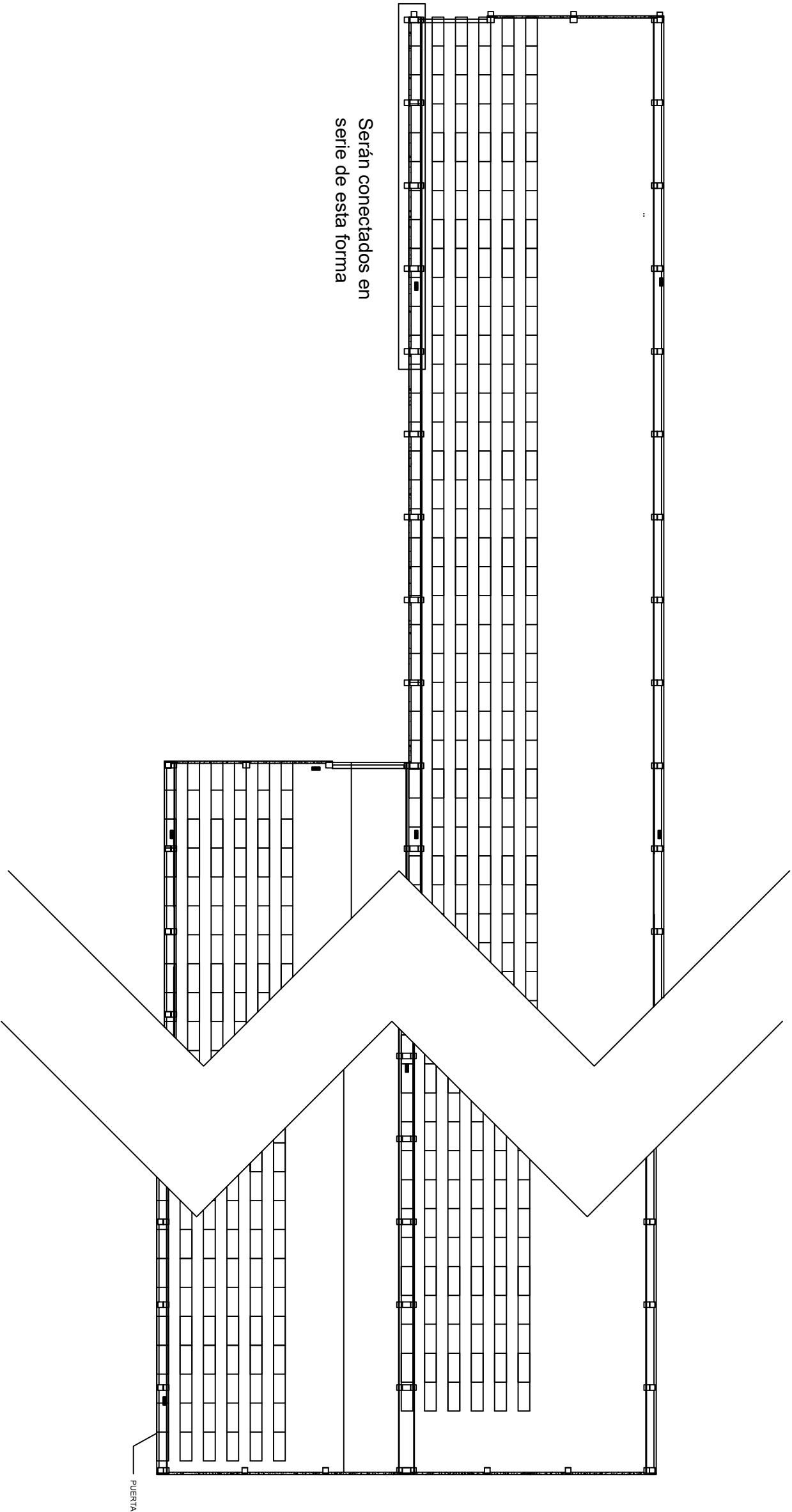
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS		
	LUMINARIA DE EMERGENCIA	
	50 W EMPOTRADO	
	EXTINTOR POLVO	
	CON CARTEL DE UBICACIÓN	
	BOCA DE INCENDIOS EQUIPADA	
	SALIDA MANGUERA Ø45mm, L=25m	
	PULSADOR DE ALARMA	
	SENTIDO DE EVACUACIÓN	

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES		Proyecto:	Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón		Plano:	Planta de la nave. Incendios		Fecha:	Julio 2021	Nº Plano:	1.5
<div><div></div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</div></div> <div><div></div><div>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA</div></div>					Autor:	Carlos Garrido Guijarro		Escala:	1:500		

Zona
planta
hormigón

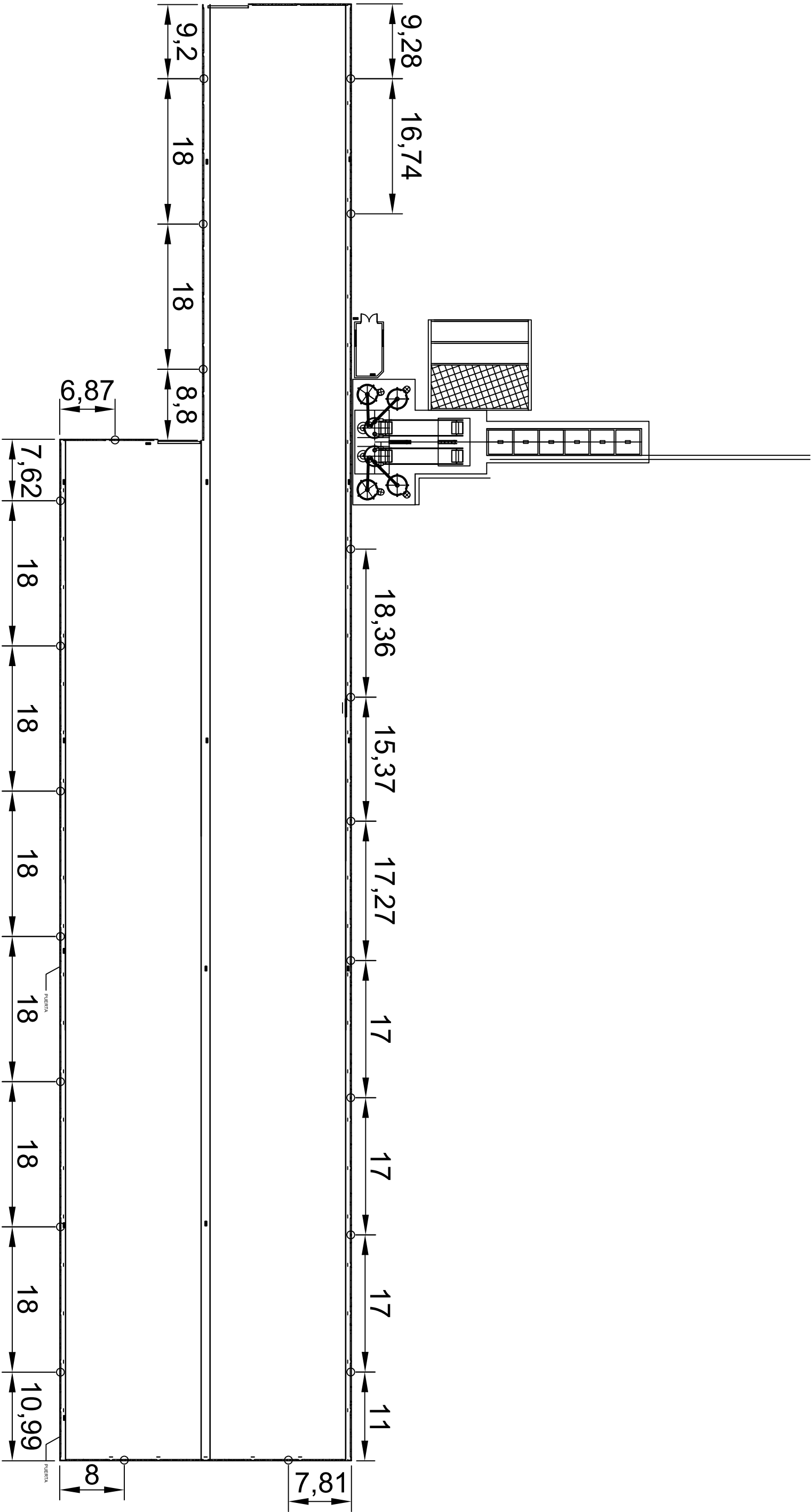


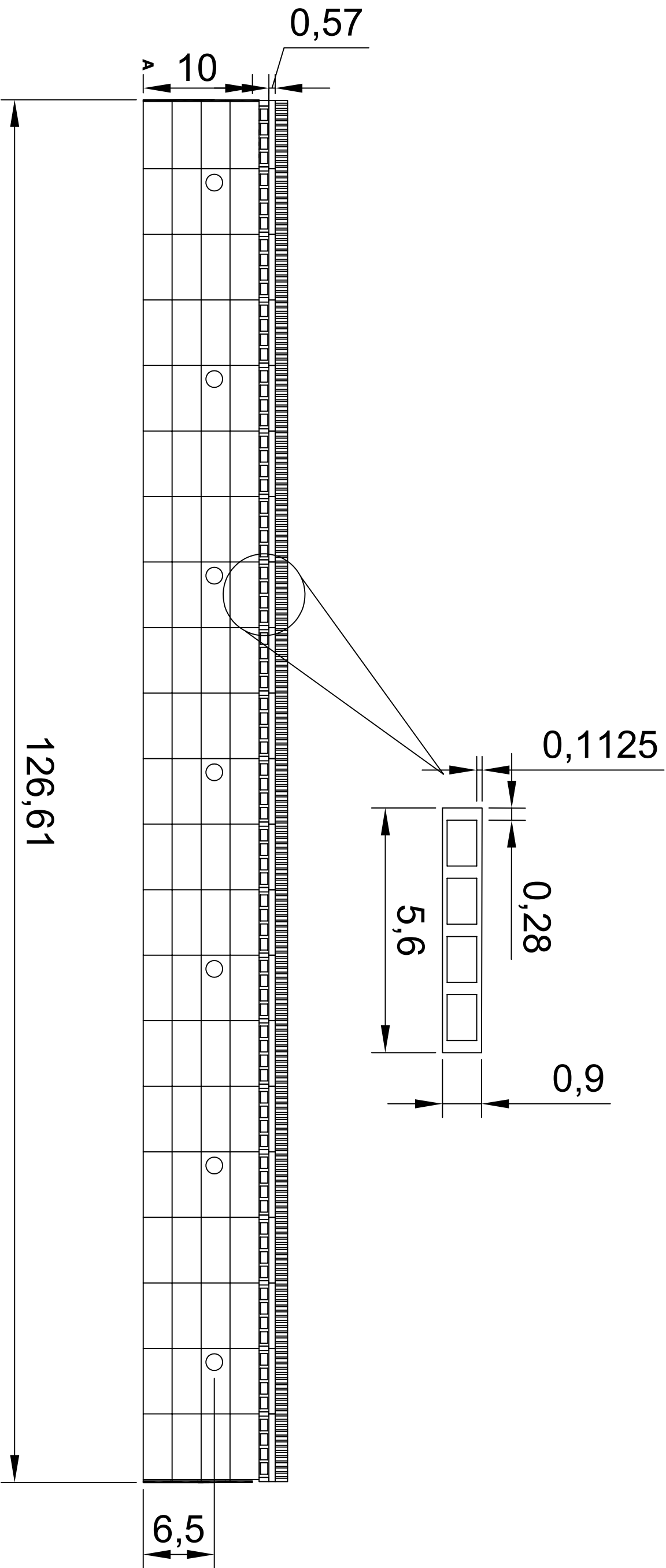
<div><div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</div></div><div><div>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA</div></div></div> <div>TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES</div>			Proyecto:	Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón		
Plano:		Planta fotovoltaica alzado				
Autor:		Carlos Garrido Guíjarro				
Escala:		1:125		Nº Plano:		
				1		



Serán conectados en serie de esta forma

PUERTA





Proyecto de auditoría energética en una instalación industrial para la elaboración de productos prefabricados de hormigón

PRESUPUESTO

	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Coste ingeniero industrial	h	300	37,50€	11.250,00€
Oficina	h	300	15,00€	4.500,00€
Total				15.750,00€

Tabla 1: Presupuesto

El coste de la oficina ha sido calculado suponiendo un coste de luz, agua y alquiler de 500€, al cual se le ha incluido el sueldo de un delineante, de 1.200€ con catorce pagas anuales al cual se le ha añadido un 30% destinado a la seguridad social y que trabaja 1800 horas anuales.

El importe del presupuesto asciende a QUINCE MIL SETECIENTOS CINCUENTA EUROS.